PGS. TS. NGÔ VĂN QUỲ

# CÁC PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG XÂY DỰNG

*(Tái bản)*

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2011

# LỜI NÓI ĐẦU

*"**Các phương pháp thi công xây dựng**" là sách viết cho những người am hiểu về xây dựng, mang tính chất chuyên đề, cuốn sách sẽ không đề cập chi tiết hoặc đi sâu vào bất kỳ một dạng công trình nào hoặc một phương pháp xây dựng cụ thể nào bởi vì những dạng công tác cụ thể trong thi công hoặc thi công các công trình cụ thể đã có các giáo trình về kỹ thuật thi công hoặc loại sách chuyên sâu của nhiều tác giả ở trong và ngoài các trường đại học, cao đẳng hoặc trung cấp biên soạn.*

*Cuốn sách sẽ không giới thiệu về cách thi công từng bộ phận của một ngôi nhà hoặc các loại nhà riêng biệt mà chỉ đề cập đến những bộ phận kết cấu của nhà có nhiều giải pháp thi công chính. Vì thế, phần một của sách chỉ đề cập đến phương pháp gia cường nền đất yếu trong xây dựng, các phương pháp chủ yếu về thi công và chống thấm cho phần ngầm; phần hai: trình bày phương pháp thi công của loại móng cọc trong xây dựng; phần ba (phần thân): chỉ nghiên cứu các phương pháp đổ toàn khối, lắp ghép hay hỗn hợp trong thi công phần kết cấu chịu lực của nhà.*

*Do tài liệu trong nước rất thiếu nên chúng tôi buộc phải sử dụng các tài liệu của nước ngoài, vì thế mà có thể cùng một loại công thức nhưng tác giả của nước này lại ký hiệu khác với tác giả của nước khác. Để tiện cho độc giả sau này trong việc tra cứu và đối chiếu với nguyên tác và cũng là để tỏ lòng tôn trọng đối với các tác giả nên về nguyên tắc chúng tôi giữ nguyên những ký hiệu của công thức, thứ nguyên hoặc đơn vị*

*đo lường trong nguyên bản. Chỉ trong trường hợp cá biệt khi có những ký hiệu khác nhiều với những ký hiệu đang dùng phổ biến ở nước ta và để tránh sự hiểu nhầm, chúng tôi mới buộc phải có sự hiệu chỉnh và trường hợp đó sẽ có chú thích chi tiết.*

*"**Các phương pháp thi công xây dựng**" là tài liệu dành cho các nhà thi công và những ai quan tâm đến khoa học thi công trong xây dựng. Nó cũng chính là nội dung bổ túc kiến thức phần kỹ thuật thi công trong chương trình Cao học mà chúng tôi đã sử dụng để giảng dạy tại Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.*

*Vì tài liệu mang tính tổng hợp về khoa học thi công trong xây dựng này lần đầu tiên được biên soạn nên chắc không tránh khỏi những khiếm khuyết rất mong được sự đóng góp ý kiến của bạn đọc.*

**TÁC GIẢ**

# Phần mở đầu

# SƠ LƯỢC VỀ LỊCH SỬ VÀ MỘT SỐ VẤN ĐỀ CẦN QUAN TÂM CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG XÂY DỰNG

## I. VÀI NÉT VỀ QUÁ TRÌNH XÂY DỰNG TRÊN THẾ GIỚI

Nghiên cứu về lịch sử xây dựng các nhà khoa học ở nhiều thời đại đã đưa ra kết luận rất quan trọng, như sau : "Trong xây dựng không có những phát minh trội hẳn, nó là kết quả của một quá trình lao động lâu dài và kiên nhẫn của tất cả các thời đại".

Hàng ngàn năm đã trôi qua, nhân loại đã phát minh, sáng chế và cải tiến để hoàn thiện những vật liệu, kết cấu cùng các phương pháp xây dựng mà chúng ta đang có ngày nay. Song không thể nói là những kết cấu, vật liệu và phương pháp này đã hoàn chỉnh. Bởi vì, chúng ta còn đang tiếp tục cuộc đấu tranh không ngừng với sức mạnh của tự nhiên để giành lấy thế giới.

Thật vậy, các công trình khảo cổ ở mọi châu lục đều cho thấy : Thời kỳ nguyên thủy con người đều chủ yếu sống ở các hang động và mọi công việc săn bắt, hái lượm chỉ diễn ra quanh chỗ ở của mình. Chỉ đến khi việc sinh kế khó khăn con người buộc phải rời hang động đi kiếm ăn xa, lúc đó họ mới phải nghĩ đến việc làm nhà để tránh mưa nắng và thú dữ.

Những cái gọi là nhà đầu tiên của người nguyên thủy cũng chính là mô phỏng lại hình dáng của các hang động bằng cành và lá cây xếp lại.

Hàng ngàn năm đã trôi qua, xã hội dần dần phát triển đã hình thành các khu dân cư, đây cũng chính là lãnh địa của các chủ nô hay điền ấp của các lãnh chúa. Do nhu cầu bảo vệ nên lúc này đã xuất hiện một số

công trình sơ khai có quy mô như pháo đài hay thành luỹ chủ yếu làm bằng đất đắp. Tiếp sau đó xuất hiện những nền văn minh cao và tại các quốc gia hưng thịnh lúc bấy giờ đã có các công trình to lớn bằng gạch đá phục vụ các yêu cầu về tôn giáo tín ngưỡng, thể hiện uy quyền hay các công trình phòng thủ. Trải qua hàng ngàn năm với nhiều thăng trầm của các thời đại, cùng với sự tàn phá của thiên nhiên và con người, cho nên phần lớn các công trình đó đã bị hư hỏng đổ nát, chỉ có một số công trình cực kỳ vĩ đại mới tồn tại được cho đến ngày nay, điển hình là Kim tự tháp Ai-cập và Vạn lý trường thành Trung Quốc.

Cách thủ đô Ai-cập 35 km giữa miền đồng bằng sông Nin cát bỏng, khoảng 6000 năm trước người Ai-cập đã xây dựng ở đây rất nhiều Kim tự tháp, lớn nhất là Kim tự tháp Kê-ốp cao 146 m, chiều dài mỗi cạnh đáy hình vuông là 232m trông xa như một tòa nhà 50 tầng, nó có thể tích là 2,5 triệu $m^3$, đá dùng để xây dựng là 2 triệu 60 vạn tảng, mỗi tảng nặng trung bình 2,5 tấn, tất cả đều mang từ xa đến.

Cách đây khoảng 6000 năm, con người chưa biết dùng thép, chưa có máy cần trục nên mọi công việc phải làm bằng tay, cho nên riêng việc vận chuyển hàng triệu tảng đá nặng hàng tấn rồi chồng lên nhau cao hàng trăm mét đã đủ chứng minh cái vĩ đại của công trình và sự tài giỏi của bàn tay khối óc con người

Để xây dựng công trình Kim tự tháp vĩ đại này, người ta phải huy động tới 10 vạn nô lệ và phải lao động miệt mài trong suốt 36 năm ròng

Tại Nam Mỹ trong các cánh rừng già của Mê-hi-cô người ta cũng đã phát hiện có nhiều công trình như Kim tự tháp được xây dựng bằng các tảng đá lớn, có những tảng nặng tới 10 tấn và việc xây dựng với một độ chính xác rất cao.

Vạn lý Trường thành là công trình vĩ đại, niềm tự hào của nhân dân Trung Quốc, được tiến hành xây dựng từ thời chiến quốc (khoảng 300 năm trước Công nguyên). Công trình dài tới 5000km, là một công trình nhân tạo duy nhất mà con người có thể nhìn thấy bằng mắt thường từ Mặt Trăng. Công trình xây dựng dưới thời nhà Tần bằng đá và đất đắp. 800 năm sau nhà Minh tiến hành tu bổ, hoàn chỉnh lại bằng đá đẽo và gạch

ống. Cũng như Kim tự tháp Ai-cập, công sức bỏ ra để xây dựng Vạn lý Trường thành của Trung Quốc thật vô cùng to lớn, riêng nhà Tần đã phải huy động gần 2 triệu người và làm ròng rã trong 10 năm trời. Những viên gạch dùng để xây dựng Trường thành có kích thước to bằng chiếc tiểu sành trong đổ đất, còn đá thì là những tảng dài trên 2m và nặng hàng tấn.

Trường thành cao từ 5 đến 6m, trên mặt thành quân lính người xe đi lại dễ dàng. Lính tuần hành có thể đi ngựa dàn hàng ngang 5 con một và cứ nửa cây số trên mặt thành lại có một tháp canh hay ụ lửa. Công sức bỏ ra để xây dựng Trường thành là vô cùng to lớn và sự tính toán của người xưa cũng chính xác vô cùng. Ví dụ như khi xây dựng Gia-dụ-quan (cửa ải cuối cùng của Trường thành) lúc làm xong nguyên vật liệu xây thành chỉ còn thừa vẻn vẹn có 1 viên gạch. Dưới thời phong kiến Trường thành là hệ thống phòng thủ chống giặc ngoại xâm ngày nay Vạn Lý Trường thành không còn chức năng đó nữa mà nó là di tích lịch sử, một kỳ quan của thế giới.

Có thể kể ra đây hàng trăm thậm chí hàng ngàn công trình to lớn ở Ấn-Độ, Ý, Hy-lạp, Trung Quốc và các nước ở vùng Trung cận đông còn tồn tại hoặc được lưu truyền cho đến ngày nay.

Tuy nhiên, những thành tựu thu được trong giai đoạn đó chủ yếu chỉ dựa vào kinh nghiệm hoặc tài năng của các cá nhân chứ chưa phải được dựa trên một cơ sở lý luận vững chắc. Chính các tác giả những công trình đó cũng không giải thích được những công việc của mình làm. Do đó, nhiều người đương thời cũng tin rằng khi xây dựng những công trình to lớn nếu không có sự trợ giúp của thần linh thì chỉ riêng trí óc sức lực của con người sẽ không thể làm nổi. Vì vậy, họ cho rằng những thành công xuất sắc của các nhà xây dựng phần nào được sự trợ giúp của thần linh.

Tại vùng Lotaringi, miền Đông Bắc nước Pháp, một vị linh mục tài ba đã bị đuổi ra khỏi nhà thờ chỉ vì ông này đã xây dựng được một cây cầu rất tuyệt vời mà các thợ xây cầu đương thời không ai làm nổi. Hay ở Tây-Ban-Nha, người ta đã tin rằng ma quỷ đòi vật hy sinh để bù lại sự giúp đỡ của chúng, nên đã quy định rằng: sau khi làm cầu xong ai là

người qua cầu trước tiên sẽ phải chết để trả nợ cho ma quỷ. Về sau, những người thợ nhanh trí thường cho một con mèo đen qua cầu đầu tiên để đánh lừa ma quỷ.

Giai đoạn xây dựng tư bản chủ nghĩa và xây dựng xã hội chủ nghĩa là thời kỳ phát triển rực rỡ nhất của công việc xây dựng. Đặc điểm xây dựng của thời kỳ này là: trên cơ sở những thành tựu về lý thuyết và thực nghiệm phát triển rất nhanh, rất vững chắc ở nhiều lĩnh vực nên việc xây dựng đã có định hướng rõ rệt về nghiên cứu và phát triển để nhằm vào các mục tiêu tìm ra các loại vật liệu mới, nghiên cứu các loại kết cấu mới và các biện pháp thi công mới.

Từ thời Giêm Oát đã hình thành chủ nghĩa kết cấu. Một nhà xây dựng đương thời đã nói :"Người nào che dấu một bộ phận nào đó của kết cấu tức là đã tự mình tước bỏ khả năng trang trí hợp quy luật rất tuyệt diệu của kiến trúc". Vào thời đó người ta đã biết ưu điểm của khung và đã nhận thức được ưu điểm quan trọng nhất là mỗi cấu kiện của nó chỉ làm một nhiệm vụ nhất định.

Không biết ai đã phát minh ra khung, nhưng cho đến nay người ta chỉ biết khung đầu tiên là do Giêm Oát xây dựng năm 1801 ở Manchester miền Tây nước Anh. Người ta chỉ nhắc đến Oát như một nhà phát minh máy hơi nước trong khi đó ông lại còn là một nhà xây dựng hiện đại. Thiết kế của ông phỏng theo sinh học với lõi cây chủ yếu mang lực của kết cấu còn quá trình tuần hoàn lại diễn ra ở phần ngoài gần với vỏ cây.

Tuy về mặt lý thuyết xây dựng đã được hình thành, nhưng việc xây dựng chỉ được phát triển một cách ồ ạt trên một quy mô rộng lớn từ khi phát hiện ra vật liệu xi măng (năm 1824) và đặc biệt là từ sau năm 1867 khi Monie sáng chế ra bê tông cốt thép. Đây chính là một cuộc cách mạng lớn trong lĩnh vực xây dựng. Necvi một nhà xây dựng danh tiếng đã nói : "Bê tông, đó là thứ vật liệu tốt nhất mà nhân loại đã phát minh ra". Lịch sử của nó là cả một thiên anh hùng ca của tư duy và ý chí con người. Chúng ta cần một thứ vật liệu nhất định và chúng ta đã tìm ra nó.

Song song với việc phát triển các loại vật liệu xây dựng mới là việc xuất hiện các biện pháp thi công mới.

Năm 1881 các kết cấu bê tông cốt thép lắp ghép đầu tiên, đúng nghĩa hiện đại ra đời. Cùng với sự xuất hiện các kết cấu bê tông cốt thép cũng đồng thời xuất hiện các thiết bị lắp ghép. Ở Hăm-bua, Cộng hòa Liên bang Đức là nơi có xưởng sản xuất ra các kết cấu bê tông cốt thép lắp ghép đầu tiên trên thế giới. Nhưng về lịch sử lắp ghép thì lại sớm hơn nhiều, theo sự mô tả của các nhà du lịch Hà Lan vào giữa thế kỷ XVII ở các chợ của Nga đã có bày bán các cấu kiện nhà lắp ghép.

Sau Chiến tranh thế giới lần thứ II do yêu cầu tái thiết rất khẩn trương nên bê tông cốt thép được phát triển rất nhanh và đã xuất hiện kết cấu bê tông dự ứng lực. Trong những năm 60 của thế kỷ XX Liên Xô đã trở thành nước hàng đầu trên thế giới về lĩnh vực này. Mỗi năm họ sử dụng các kết cấu bê tông cốt thép lắp ghép lên đến 28 triệu $m^3$ trong đó có 7 triệu $m^3$ là kết cấu bê tông cốt thép dự ứng lực.

Trong các thập niên cuối của thế kỷ XIX đến nay do dân số đô thị ngày càng gia tăng cộng với sự tiến bộ nhảy vọt của khoa học kỹ thuật, sự xuất hiện của nhiều loại bê tông và sự phát minh ra thang máy đã dẫn đến sự phát triển với tốc độ nhanh nhà nhiều tầng ở khắp nơi trên thế giới.

Mỹ là một nước có trình độ khoa học kỹ thuật và công nghệ phát triển nhanh nên nhà nhiều tầng ở đây có tương đối sớm. Hiện nay, Mỹ vẫn là nước đứng đầu thế giới về số lượng nhà nhiều tầng và số lượng tầng của mỗi nhà.

Ngay từ năm 1885 ở Chicagô đã xây dựng tòa nhà "Bảo hiểm gia đình" cao 10 tầng bằng kết cấu thép, năm 1913 tại New York xây dựng tòa nhà kiểu tháp "Woolworth" 60 tầng cao 241m. Trong những năm 1920-1930 ở Mỹ đã xây dựng rất nhiều nhà cao tầng như "Tòa nhà Ngân hàng" có 71 tầng cao 319m. Năm 1931 xây dựng tòa nhà "Bang New York" nổi tiếng thế giới lúc bấy giờ với 102 tầng cao 381m.

Gần đây ngôi nhà có số tầng nhiều nhất là "Trung tâm mậu dịch Thế giới" đã được hoàn thành tại New York vào năm 1973 ngôi nhà có 110 tầng và cao 420m. Còn ngôi nhà cao nhất hiện nay của Mỹ là tòa nhà

"Sears Tower" ở Chicagô có 109 tầng với chiều cao 442m đã xây xong vào năm 1974.

Ở châu Á nhà cao tầng cũng phát triển rất nhanh điển hình là Nhật Bản đã xây dựng được trên 400 ngôi nhà cao tầng như tòa nhà "Nhà Dương quang" ở Tokyo có 60 tầng cao 266m và đang có kế hoạch xây dựng hàng loạt nhà chọc trời cao trên 400m.

Ở nhiều nước khác trên thế giới như Hồng-Kông, Trung Quốc, Singapore, Malaysia, Úc, Canada, Pháp, Anh, Liên Xô (cũ)... cũng đã có hàng ngàn ngôi nhà nhiều tầng cao tới 200, 300 mét.

Tóm lại, việc xây dựng trong giai đoạn tư bản chủ nghĩa tuy chưa lâu nhưng đã đạt được những thành tựu rất đáng tự hào, tốc độ xây dựng rất nhanh do đã phát minh ra nhiều phương pháp xây dựng và vật liệu mới.

## II VÀI NÉT VỀ SỰ PHÁT TRIỂN CÔNG VIỆC XÂY DỰNG Ở VIỆT NAM

Quá trình phát triển công việc xây dựng ở Việt Nam trước đây không có gì nổi bật và cũng không để lại được gì nhiều cho các thế hệ sau.

Nhìn chung trong thời kỳ phong kiến không có công trình gì lớn và đặc sắc, hơn nữa do chiến tranh các công trình đã ít lại bị đốt phá hầu như toàn bộ. Đến nay, chỉ còn lại Tháp Chàm bằng đất nung và gạch ở miền Trung, Thành nhà Hồ cửa chính bằng đá đẽo ở Thanh Hoá và các đền đài cung điện bằng gỗ và gạch ở Huế là đáng kể.

Thời thuộc Pháp cũng xây dựng được một số công trình bằng sắt thép, gạch đá, bê tông cốt thép (hiện còn tồn tại), chủ yếu là để phục vụ cho bộ máy cai trị và quân sự như : Công trình Nhà hát lớn Hà Nội, Bảo tàng Lịch sử, một số công trình bến cảng, giao thông và một số khu biệt thự nhà ở rải rác ở một số thành phố lớn trong cả nước.

Hòa bình lập lại, ở Miền Bắc (năm 1954) chúng ta mới bắt đầu có kế hoạch xây dựng một số xí nghiệp nhà máy có quy mô vừa và nhỏ và công trình dân sinh văn hoá, như: Khu công nghiệp Thượng Đình, Trường

Đại học Bách khoa Hà Nội, Khu nhà ở Kim Liên Hà Nội, Khu Công nghiệp Việt Trì, Khu gang thép Thái Nguyên... với sự giúp đỡ về thiết bị cũng như chuyên gia của Liên Xô, Trung Quốc, Triều Tiên, Cộng hòa dân chủ Đức và nhiều nước anh em khác. Đặc điểm của công tác xây dựng trong thời kỳ này là: do khó khăn về nhiều mặt, bị phụ thuộc vào sự viện trợ của nước ngoài nên hầu như không có công nghệ, thiết bị thi công tiên tiến và thời gian thi công rất dài, nhiều công trình có quá trình thi công kéo dài đến hàng chục năm hoặc hơn nữa.

Trong những năm 1960, đội ngũ cán bộ ngành xây dựng do các nước anh em đào tạo và đào tạo tại các trường trong nước đã tăng lên đáng kể, do vậy cuối thập kỷ 60 mặc dù trong khói lửa ác liệt của chiến tranh chống Mỹ, nhưng công trình lắp ghép tấm lớn đầu tiên đã được ra đời bằng chính sức lực và trí tuệ của các nhà xây dựng Việt Nam. Đến cuối những năm 80, chúng ta đã có hàng loạt khu nhà loại này ở Hà Nội, như: Kim Liên, Giảng Võ, Trung Tự, Thành Công, Thanh Xuân, Bách Khoa...; ở Hải Phòng có khu Vạn Mỹ, Cầu Tre, Phụng Pháp.... Chúng ta đã có hàng loat sân bãi chế tạo các cấu kiện đúc sẵn và một nhà máy tương đối hiện đại sản xuất cấu kiện tấm lớn ở Đạo Tú - Vĩnh Yên do nước Cộng hòa Dân chủ Đức viện trợ.

Công tác lắp ghép phát triển khá nhanh và thời gian xây dựng các công trình được rút ngắn đáng kể chẳng hạn thời gian xây dựng và hoàn thiện một nhà ở 5 tầng chỉ còn độ 5, 6 tháng.

Trong giai đoạn đó được sự giúp đỡ về kỹ thuật và thiết bị của nhiều nước XHCN anh em ta đã đưa vào lĩnh vực xây dựng khá nhiều công nghệ mới, như: thi công bằng ván khuôn trượt, thi công các kết cấu bê tông ứng xuất trước, thi công theo phương pháp nâng sàn. Nhờ vậy, sau này hàng loạt xi lô, ống khói của các nhà máy như: Nhiệt điện Phả Lại, Nhiệt điện Ninh Bình, Xi măng Bỉm Sơn, Xi măng Hoàng Thạch và hàng loạt các công trình công nghiệp giao thông khác đã được áp dụng các công nghệ tiên tiến này vào sản xuất.

### 1. Tình hình xây dựng hiện nay ở Việt Nam

Về xây dựng công nghiệp nếu tạm xem là có quy mô thì phải tính bắt đầu từ năm 1955.

Những công trình xây dựng trước năm 1975 ở miền Bắc đều còn đang sử dụng nhưng phần lớn đã không phù hợp về dây chuyền công nghệ và đã qua nhiều lần cải tạo mở rộng hoặc chí ít cũng đã phải đầu tư chiều sâu thậm chí biến đổi hẳn dây chuyền và mặt hàng sản xuất.

Sau năm 1975 một số công trình bắt đầu có nguồn đầu tư từ nước ngoài. Tuy nhiên những công trình công nghiệp cho đến những năm gần đây đều chỉ có quy mô trung bình và nhỏ.

Những công trình liên doanh, công trình do nước ngoài đầu tư thường do nước ngoài thiết kế, phần thi công họ vẫn thường làm thầu chính, còn chúng ta chỉ là thầu phụ mà cũng chỉ thầu phụ phần nhân công.

Có lẽ điểm nổi bật về xây dựng ở Việt Nam hiện nay là làm các loại nhà cao tầng ở một số thành phố lớn.

Ở Việt Nam nhà nhiều tầng phát triển rất muộn, trước thời gian mở cửa ta chỉ mới xây dựng được vài ngôi nhà gọi là nhiều tầng chẳng hạn như Khách sạn 11 tầng ở Giảng Võ.

Mười năm trở lại đây hàng loạt những công trình nhà nhiều tầng đã và đang được xây dựng ở các đô thị lớn của đất nước đặc biệt là Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh.

Tại Hà Nội có các công trình Hà Nội Tower Center ở 49 Hai Bà Trưng cao 25 tầng, tòa nhà Vietcombank tại 11 Tôn Đản cao 22 tầng và 2 tầng hầm, tòa nhà HITC cao 9 tầng tại đường Dịch Vọng quận Cầu Giấy, tòa nhà Mélia Hà Nội tại 44B Lý Thường Kiệt và Hotel Niikko tại 48 Trần Nhân Tông cao 16 tầng, Khách sạn Daewoo Hà Nội và Mariitus cao 22 tầng...

Tại thành phố Hồ Chí Minh cũng có hàng loạt nhà nhiều tầng được xây dựng như: Sài Gòn Center 27 tầng và 3 tầng hầm, khách sạn Harbour vien tại 39 Nguyễn Huệ có 24 tầng nổi và 3 tầng hầm, văn phòng cho thuê Internation bourotel 16 tầng và hàng loạt các công trình khác như Sài Gòn Tower, Lurs, Laniko, Koto Buki...

Nhìn chung công nghệ thi công nhà cao tầng với chúng ta còn là một điều rất mới mẻ, chúng ta còn ít kinh nghiệm, thiếu trang thiết bị thi

công cần thiết. Tuy nhiên do chủ đầu tư nước ngoài đòi hỏi chất lượng rất nghiêm túc và yêu cầu tiếnđộ thi công khẩn trương nên các chủ thầu chính (tuyệt đại đa số là các công ty nước ngoài) đã chịu đầu tư trang thiết bị thi công và ứng dụng nhiều công nghệ thi công hiện đại như thi công cọc barette và cọc khoan nhồi, thi công bằng các loại cốp pha tấm lớn, các loại cần trục, máy nâng, máy bơm bê tông có công suất lớn và một số thiết bị và công nghệ thi công hiện đại khác. Vì thế, trình độ của cán bộ công nhân xây dựng của ta ở một số nơi đã được nâng lên rõ rệt, chúng ta đã dần dần thu hẹp được khoảng cách và bắt đầu hòa nhịp được với các nước trong khu vực.

**2. Những vấn đề đặt ra cho người xây dựng**

Lược qua về sự phát triển công cuộc xây dựng ở Việt Nam và trên thế giới ta có thể thấy rằng tuy chưa nhiều nhưng ở ta cũng đã từng sử dụng một số phương pháp thi công tương đối hiện đại dưới dạng thi công thực nghiệm, như: thi công nhà ở bằng ván khuôn trượt (ở Kim Liên Hà Nội), thi công nhà theo phương pháp nâng sàn (ở Nghĩa Đô - Viện khoa học và kỹ thuật xây dựng) ; hoặc một số công nghệ đã được đưa vào sản xuất hàng loạt như thi công các loại kết cấu bê tông dự ứng lực, sử dụng các công nghệ về thi công cốp pha tấm lớn, thi công cọc khoan nhồi và cọc barrette. Song, rất tiếc là chúng ta chưa có những tổng kết khoa học để đánh giá một cách toàn diện về các phương pháp đó và xem xét những khả năng vận dụng cụ thể vào Việt Nam.

Theo thời gian, đội ngũ cán bộ và công nhân chuyên nghiệp tại những công trình đặc biệt đó ngày càng mai một đi. Song, cuộc xây dựng đất nước ta ngày một phát triển, các công trình xây dựng ở Việt Nam sẽ ngày càng hiện đại và đa dạng hơn hiện nay vì thế, chúng ta rất có thể sẽ cần đến những phương pháp đó. Nếu những bài học kinh nghiệm quý báu trên chưa được tổng kết đánh giá, thì đây sẽ là thiệt thòi lớn cho đội ngũ cán bộ và công nhân xây dựng sau này. Dù có tham vọng muốn làm công việc đó. nhưng khả năng của chúng tôi có hạn : Các tài liệu thuộc lĩnh vực này ở trong nước mà chúng tôi có được vừa ít, vừa không đầy đủ và

quan trọng hơn chưa có được sự thẩm định của các cơ quan chuyên môn có trách nhiệm để đảm bảo mức độ chính xác cần thiết của các số liệu.

Những khó khăn đã nêu trên đối với một số cá nhân hoặc một số nhóm người không dễ dàng có thể vượt qua trong một thời gian ngắn. Vì thế chúng tôi đành phải hạn chế mục tiêu là sử dụng các tài liệu sách vở của nước ngoài để giới thiệu về các phương pháp thi công xây dựng và trong một chừng mực có thể thì kết hợp phần nào những thực tế thi công ở Việt Nam.

# Phần 1

# NHỮNG PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG XÂY DỰNG PHẦN NGẦM CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

## Chương I

## GIA CƯỜNG NỀN ĐẤT YẾU

Đất yếu là một khái niệm tương đối, nó phụ thuộc vào trạng thái vật lí của đất cũng như tương quan giữa khả năng chịu lực của đất với tải trọng mà móng công trình truyền xuống.

Đất yếu bao gồm các loại sau đây:

- Các loại đất cát pha bụi
- Các loại đất sét yếu bão hòa nước
- Các loại cát chảy
- Các loại bùn nước ngọt, bùn biển và than bùn.

Các đặc tính cơ lí của đất yếu:

- Modyn biến dạng bé $E_o \leq 50$ kG/cm$^2$
- Độ sệt lớn $I_l \geq 1$
- Độ rỗng lớn $e_o \geq 1$
- Khả năng chịu lực kém $R_{tc} < 1$ kG/cm$^2$

Đất yếu hầu như bão hòa nước, độ bền thấp, khả năng co ép lớn, trị số sức kháng cắt không đáng kể. Hậu quả của nền đất yếu đối với công trình là:

Độ lún lớn.

Nhiều khả năng lún lệch.

Thời gian lún kéo dài.

Khối đất đắp, mái dốc hố đào và công trình xây dựng kém ổn định.

Nhằm giảm bớt các sự cố địa chất tự nhiên đối với công trình xây dựng người ta đã nghiên cứu nhiều biện pháp khác nhau để cải tạo nền đất yếu như:

1. Phương pháp cọc cát để làm chặt đất.
2. Các phương pháp tiêu nước thẳng đứng:
   - Phương pháp cọc cát đối với nền đất yếu bão hào nước;
   - Phương pháp bấc thấm.
3. Phương pháp gia cố dưới sâu bằng công nghệ trộn đất với ximăng.
4. Phương pháp gia cường để ổn định cơ học khối đất đắp.

Các phương pháp này qua thử nghiệm đã có tác dụng làm tăng sức chịu tải của đất, giảm độ lún và lún lệch, rút ngắn thời gian thi công, tăng tuổi thọ cho công trình và giảm chi phí xây dựng.

## I. PHƯƠNG PHÁP CỌC CÁT LÀM CHẶT ĐẤT

### 1. Tổng quan

Phương pháp cọc cát làm chặt đất được đề cập đến từ năm 1936 trong Hội nghị Quốc tế về Cơ học đất và Thiết kế nền móng ở Mỹ và từ đó về sau phương pháp này ngày càng được nghiên cứu sâu thêm và áp dụng rộng rãi.

Thực tế đã cho thấy rằng trong nhiều phương pháp gia cố nền đất yếu bão hòa nước nén lún mạnh thì phương pháp cọc cát làm chặt đất kết hợp với cọc cát thoát nước thẳng đứng và chất tải tạm thời trên chúng là phương pháp đơn giản nhất và cho hiệu quả cao nhất cả về thời gian và giá thành.

Phương pháp cọc cát làm chặt đất thường được dùng để làm ổn định các đê chắn sóng, móng cầu, sân bay hoặc móng các bể chứa lớn.

Ở Nhật nhiều công trình lớn đã được gia cố nền bằng cọc cát làm chặt đất như: sân bay Quốc tế Kansai, Cảng biển Kôbe, Nhà máy nhiệt điện Matsura và đặc biệt gia cường nền cho cả một hòn đảo để chứa chất thải ở Vịnh Tokyo.

Chỉ tính riêng của một công ty ở Nhật bản trước năm 1996 đã gia cố nền đất yếu trên đất liền tới 6 triệu mét và dưới biển tới 20 triệu mét cọc cát làm chặt đất đạt độ tin cậy cao.

Tại Singapore cũng một công ty Nhật đang thi công cọc cát làm chặt đất để cải tạo nền đất bùn thành bãi chứa côngtennơ.

Ở Việt Nam cũng đã có một số công trình áp dụng kĩ thuật cọc cát làm chặt đất để gia cường nền đất yếu ở một số nơi chẳng hạn:

- Gia cố cầu dẫn cho cầu Bính - Hải Phòng và cầu Non Nước - Ninh Bình.

- Gia cố nền cho Nhà máy chế biến rác thải thành phố Nam Định.

- Gia cố nền cho bãi chứa hàng của Nhà máy Xi măng Hải Phòng.

- Ở Hà Nội phương pháp này cũng được áp dụng để gia cường nền móng cho một số nhà có số tầng không cao lắm như Trung tâm quan trắc và phân tích môi trường, nhà ở 5 tầng của Tổng Công ty xuất nhập khẩu Nông sản thực phẩm ở Thành Công, nhà 3 tầng Cơ quan của Bộ Công an đường Lê Trọng Tấn...

**2. Nguyên lý tính toán đối với cọc cát làm chặt đất để gia cường nền đất yếu**

Nguyên tắc chung của phương pháp này là tạo ra các cọc cát có đường kính lớn và được đầm chặt trong nền đất yếu cần được gia cố.

Tùy thuộc vào từng loại đất khác nhau cần được gia cố mà nguyên lí của cọc cát làm chặt đất có thể khác nhau:

- Đối với nền đất cát yếu bão hòa nước phương pháp này sẽ làm chặt nền cát.

- Đối với nền đất sét yếu bão hòa nước nó có tác dụng tương đương như giếng thấm, ngoài ra nó còn có tác dụng làm tăng cường độ chịu tải của đất nền bằng cách tăng mật độ của cọc cát.

Người ta đánh giá chất lượng nền đất gia cường bằng "tỉ số diện tích thay thế $a_s$"

$$a_s = \frac{A_s}{A}$$

Trong đó:

$A_s$ - Diện tích tiết diện ngang của cọc cát;

A - Diện tích vùng đất được gia cường bằng cọc cát.

"Tỉ số diện tích thay thế $a_s$" còn có thể được tính chính xác lớn dựa vào độ rỗng của đất:

$$a_s = \frac{V_s}{V_o} = \frac{(1+e_o)-(1+e_1)}{(1+e_o)} = \frac{e_o - e_1}{1+e_o}$$

Trong đó:

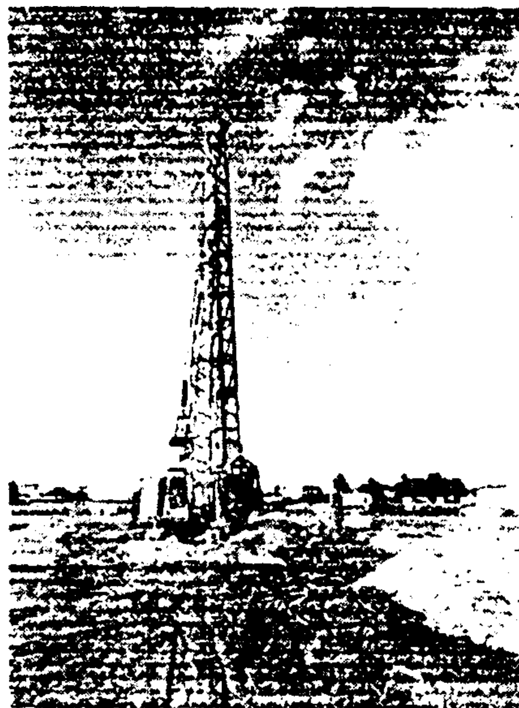
$a_s$ - Tỉ số diện tích thay thế;

$V_o$ - Thể tích ban đầu của đất;

$V_s$ - Thể tích của cọc cát;

$e_o$ - Hệ số rỗng ban đầu của đất;

$e_1$ - Hệ số rỗng của đất sau khi được cải tạo.



***Hình 1.1.*** *Thiết bị thi công cọc cát.*

Nói chung độ bền của đất gia cường bằng cọc cát thường được đánh giá bằng trị số xuyên tiêu chuẩn N.

Vì vậy việc thiết kế phương pháp cải tạo đất cát yếu bão hòa nước bằng cọc cát thực chất là làm sao tìm được một "tỉ số diện tích thay thế $a_s$" thích hợp so với đất ban đầu dựa trên hệ số xuyên tiêu chuẩn N.

Nói một cách khác ý đồ của phương pháp này là sử dụng cọc cát để đưa hệ số rỗng của đất từ $e_o$ xuống $e_1$ ($e_1 << e_o$) (Trị số xuyên tiêu chuẩn N là một hàm số của hệ số rỗng e của đất do đó nếu biết hệ số rỗng của đất tra biểu đồ quan hệ ta sẽ dễ dàng biết được N của loại đất đó).



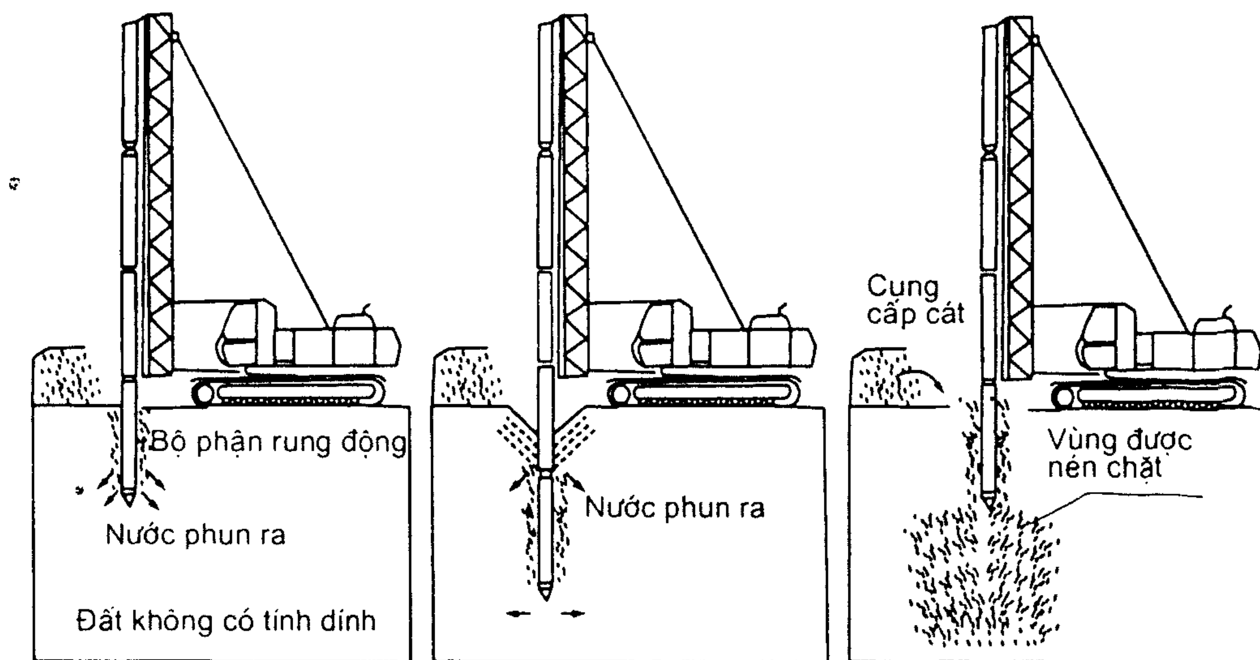
***Hình 1.2.*** *Đưa cát vào ống cọc.*

**3. Công nghệ thi công của phương pháp làm chặt nền đất yếu bằng cọc cát**

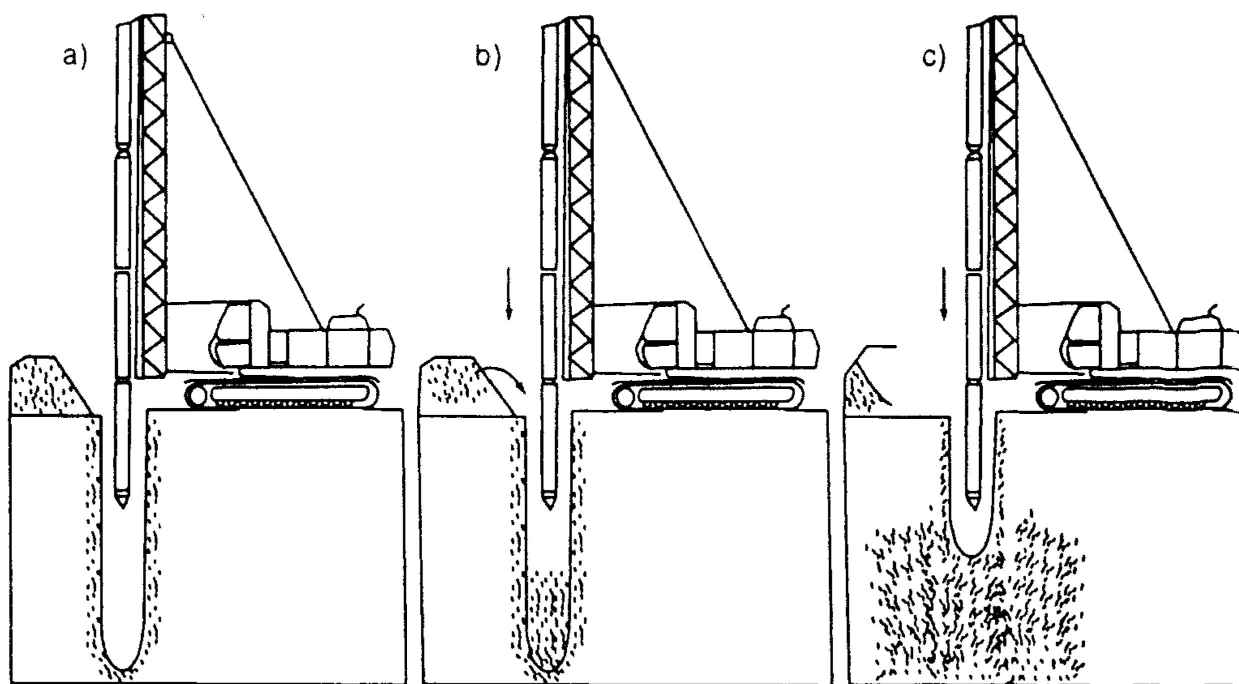
***a. Phương pháp nén chặt bằng rung động***

Phương pháp này được sử dụng để nâng cao độ chặt của đất rời, loại đất không dính như cát mịn, cát hạt trung hoặc cát hạt thô. Nguyên lí làm việc là nhờ một bộ phận rung động chìm trong đất, do trọng lượng bản thân của bộ phận rung động cộng với sự hỗ trợ của nước và lực rung làm cho bộ phận này càng ngày càng ăn sâu vào nền đất, khi đạt đến độ sâu

thiết kế thì bộ phận rung động này từ từ được rút lên, lỗ rỗng tạo ra được lấp đầy bằng cát và được lèn chặt.




***Hình 1.3.*** *Quá trình nén chặt bằng rung động (theo Baumann và Bauer, 1974).*

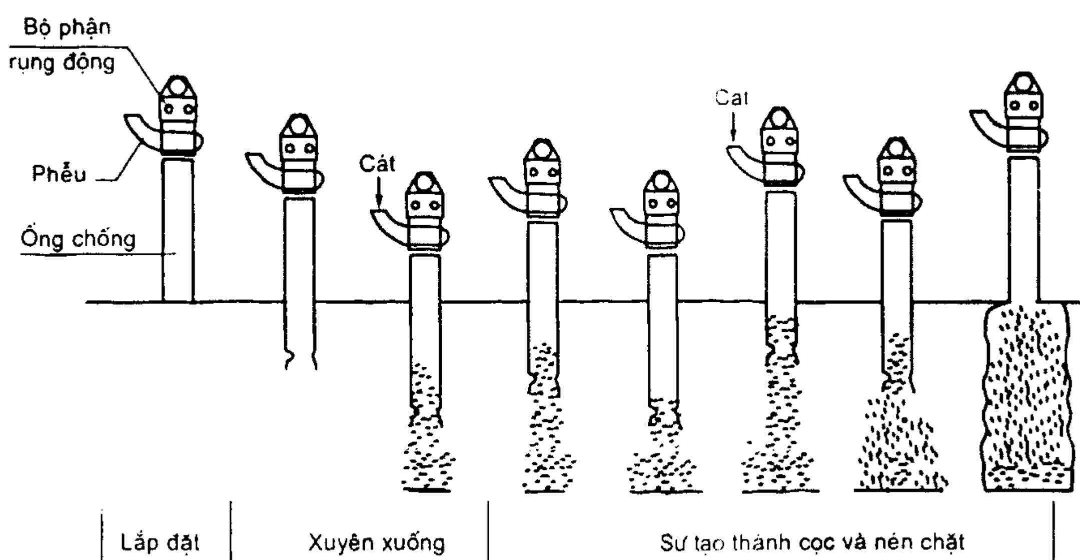



***Hình 1.4.*** *Quá trình thay thế do rung động (theo Baumann và Bauer, 1974)*

*b. Phương pháp thay thế đất bằng rung động*

Phương pháp này dùng để cải tạo các loại đất dính có hơn 18% trọng lượng hạt lọt qua mắt sàng tiêu chuẩn 200 US thường là đất cát hạt bụi và đất sét.

Thiết bị sử dụng trong phương pháp này cũng là các thiết bị tượng tự như trong phương pháp nén chặt bằng rung động nhưng với sự trợ giúp của các tia nước áp lực cao hoặc khí nén và có thể thực hiện bằng quy trình khô hoặc quy trình ẩm.




*Hình 1.5. Phương pháp rung động kết hợp (theo ABOSHI và Suematsu, 1985).*

- Trong quy trình ẩm lỗ được tạo thành trong đất có đường kính khá lớn và được lấp đầy từng phần bằng cát hạt to.

- Quy trình khô đòi hỏi đất phải có độ bền chống cắt tương đối lớn (> 40 kN/m$^2$) và mực nước ngầm phải tương đối sâu.

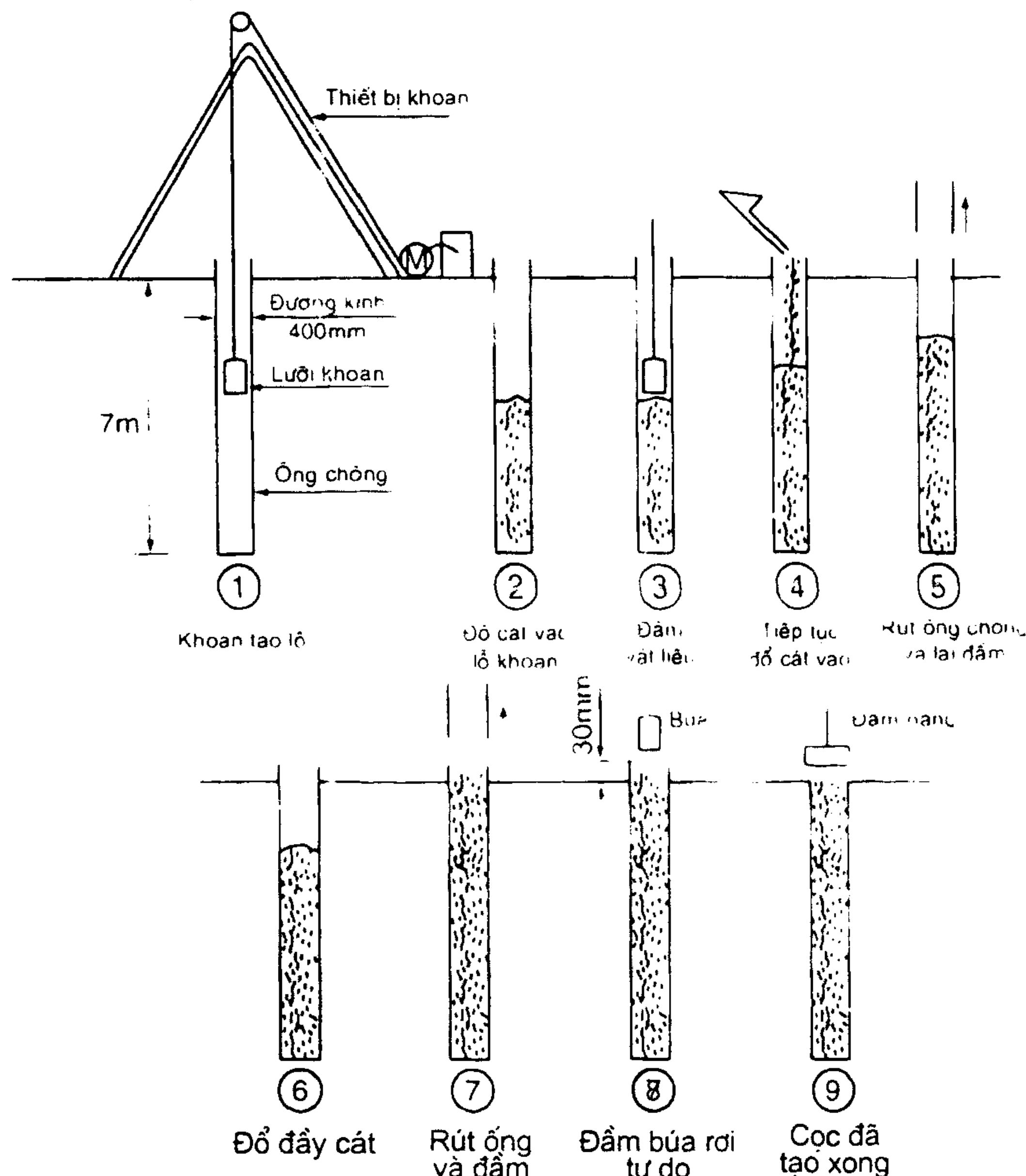
Sự khác nhau giữa hai quy trình này chỉ là phun hay không phun nước trong quá trình tạo lỗ.

*c. Phương pháp rung động kết hợp với đóng*

Phương pháp này áp dụng để gia cố nền đất mềm, như đất sét chẳng hạn và có mực nước ngầm cao.

Cọc được sử dụng theo phương pháp này thường là cọc cát được lèn chặt.

Người ta đóng ống bao đến chiều sâu thiết kế hoặc cũng có thể dùng búa rung theo chiều thẳng đứng đặt lên đầu ống bao. Cát được đổ vào ống từng đợt vừa rung vừa kéo ống lên từng nấc một, quá trình như vậy được lặp đi lặp lại cho đến khi cọc cát được hoàn thành. Cấu tạo ống bao được thể hiện chi tiết trong chương I phần 2 của cuốn sách này ở mục các loại cọc trong xây dựng.




*Hình 1.6. Phương pháp khoan tạo lỗ.*

***d. Phương pháp khoan tạo lỗ***

Theo phương pháp này cọc được thi công bằng cách đầm nện cát trong các lỗ khoan trước theo từng đợt bằng các quả đầm bê tông hoặc kim loại có trọng lượng từ 150-200 kg cho rơi tự do từ độ cao từ 1,0 đến 2,0m.

So với phương pháp nén chặt bằng rung động thì phương pháp khoan tạo lỗ có giá thành thấp hơn, dễ thi công và không đòi hỏi các loại thiết bị phức tạp tốn kém thậm chí có thể sử dụng khoan tay do vậy rất thích hợp đối với các nước đang phát triển.

Nhược điểm chủ yếu của phương pháp này là đối với một số loại đất nhạy cảm với rung động thì kết cấu có thể bị phá hoại và sự tái tạo lại đất sau khi đầm nện có bị hạn chế.

## II. PHƯƠNG PHÁP GIẾNG CÁT THOÁT NƯỚC THẲNG ĐỨNG

### 1. Tổng quan

Phương pháp giếng cát thoát nước thẳng đứng do Daniel E.Moran đề xuất vào năm 1925 và được cấp bằng sáng chế vào năm 1926.

Ông cũng là người đầu tiên kiến nghị áp dụng phương pháp này trong công tác ổn định nền đường đối với đường dẫn của cầu Oakalan San Francisko (1934) cầu Proter (1936). Từ đó giếng cát ngày càng được áp dụng rộng rãi nhằm đẩy nhanh quá trình cố kết của nền đất.

Trong vùng Đông Nam Á giếng cát tiêu nước được dùng rộng rãi để cải tạo nền đất như: Cải tạo nền đất ở vịnh Manila - Philippin; Cải tạo nền sân bay Changi - Singapore

Tại Việt Nam phương pháp này được sử dụng để thi công gia cố nền đất trên Quốc lộ 1 tuyến Pháp Vân - Cầu Giẽ, Quốc lộ 18 tuyến Bắc Ninh Nội Bài

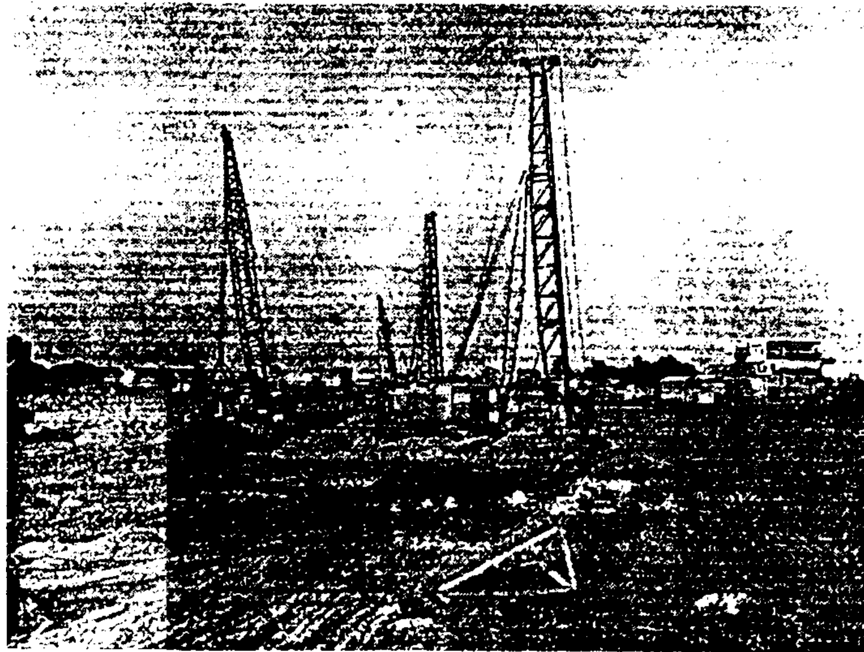
Chỉ riêng một Công ty ở Nhật Bản đã thi công 15 triệu mét dài trên đất liền và 40 triệu mét dài dưới biển theo phương pháp giếng cát để cố kết thoát nước nền công trình.

### 2. Nguyên lí chung của phương pháp giếng cát thoát nước thẳng đứng

Đây là phương pháp kĩ thuật thoát nước thẳng đứng bằng cọc cát kết hợp với gia tải trước.

Thông thường người ta dùng cọc cát có đường kính d = 40-50cm được đóng vào nền đất yếu bão hòa nước đến độ sâu thiết kế để làm chức năng như những đường ống hoặc kênh thoát nước ngắn nhất nhằm đẩy nhanh quá trình cố kết nền đất yếu đó. Do đó phương pháp này luôn được kèm theo một con đê hay một khối lượng đất đắp bằng cát hoặc tải trọng

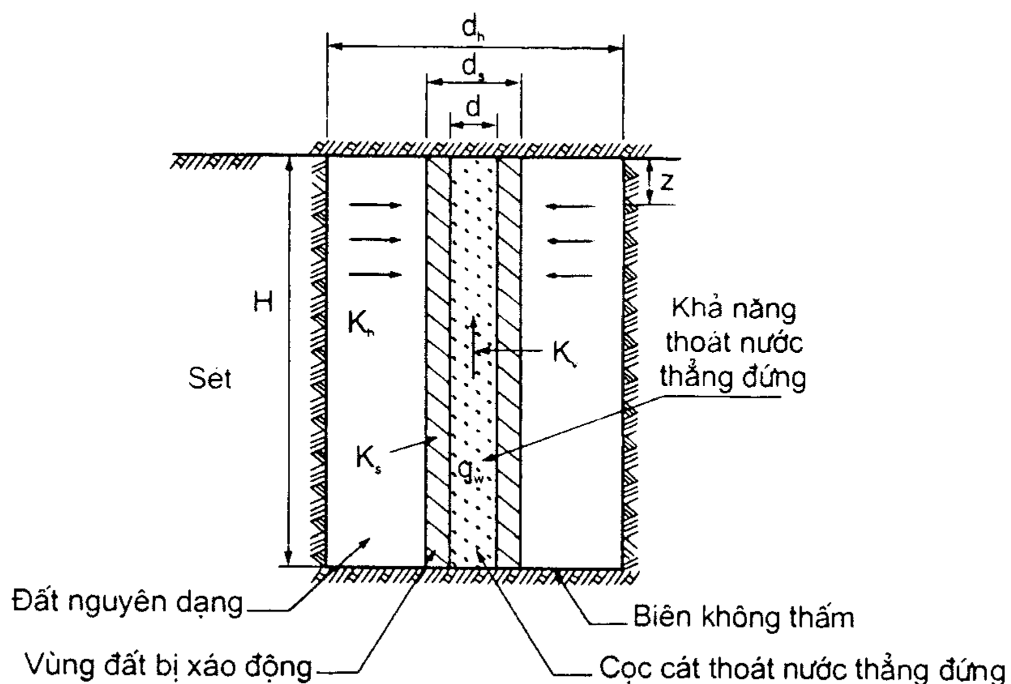
ngoài chất lên trên bề mặt của tầng đất cần gia cố. Công việc này được gọi là gia tải trước.



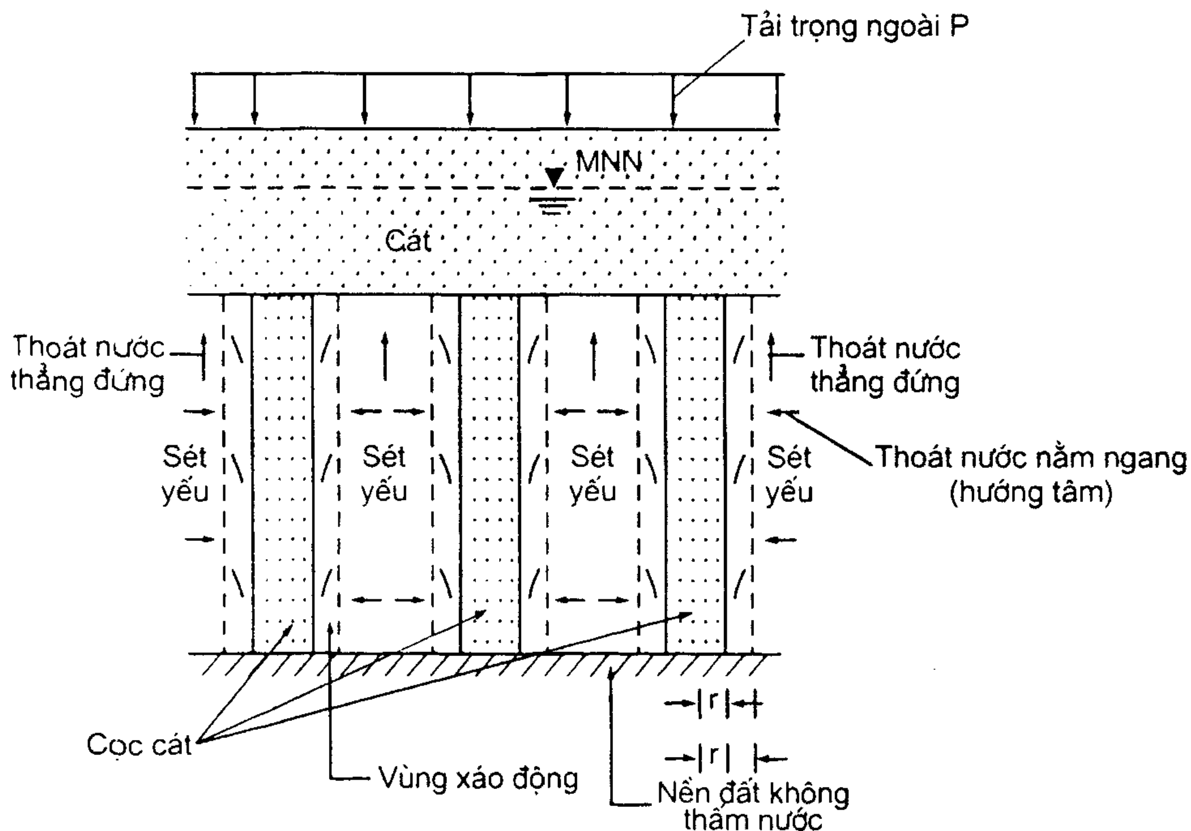
*Hình 1.7. Thi công giếng cát tiêu nước tại công trường Quốc lộ 18.*

Lớp đất bão hòa nước càng dày phương pháp giếng cát thoát nước càng có hiệu quả đặc biệt là về độ lún tức thời.

Khi tính toán cố kết nền đất yếu bão hòa nước có các giếng tiêu nước thẳng đứng có thể phân ra hai loại sơ đồ:




**Hình 1.8.** *Sơ đồ thoát nước thẳng bằng cọc cát*




*Hình 1.9. Sơ đồ nguyên lí thoát (tiêu) nước thẳng dùng bằng cọc cát*

- Sơ đồ biến dạng tự do;

- Sơ đồ biến dạng đều.

***a. Sơ đồ biến dạng tự do***

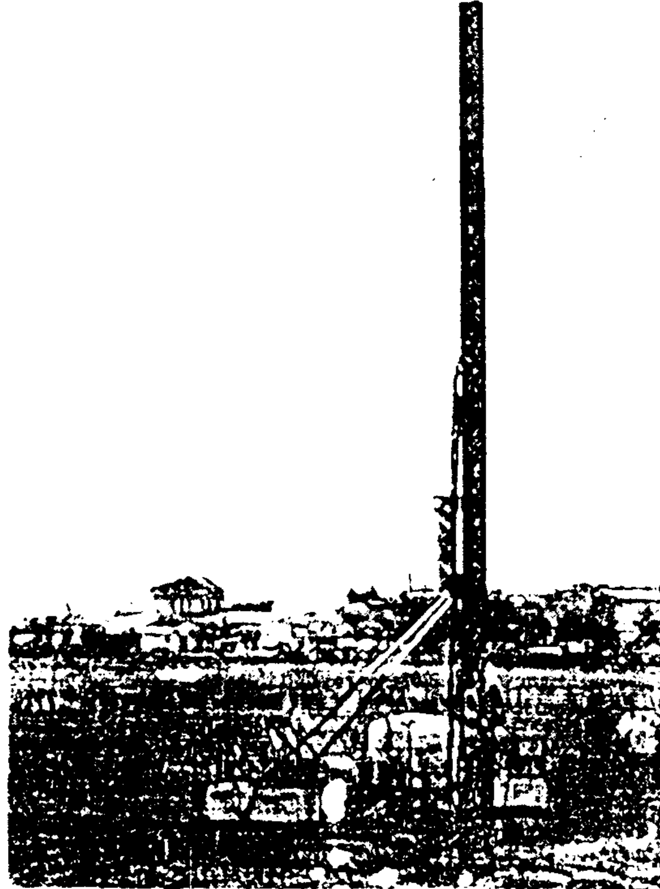
Trong sơ đồ này giả thiết rằng tải trọng phân bố trong các miền tác dụng của giếng tiêu nước thẳng đứng là không đổi trong quá trình cố kết nhưng bề mặt chung quanh giếng tiêu nước sẽ có độ lún khác nhau (gần giếng tiêu nước độ lún sẽ xảy ra nhanh hơn so với độ lún của đất nằm cách xa giếng).

Đệm cát nằm phía trên sẽ không phân bố lại tải trọng ngoài, tức là đệm cát và công trình xây dựng trên đó sẽ là dẻo tuyệt đối. Sơ đồ này tương ứng với điều kiện làm việc của mặt đường băng sân bay hoặc mặt đường ô tô khi khoảng cách giữa các giếng tiêu nước khá lớn.

***b. Sơ đồ biến dạng đều***

Sơ đồ này được thể hiện khi ở chỗ đệm cát đã tạo ra độ lún ít có sự khác biệt do đó sẽ cân bằng đáng kể các biến dạng không đều nhau. Do

vậy trong quá trình nén chặt đất người ta quan sát thấy độ lún thực tế là đều nhau.



*Hình 1.10. Thi công giếng cát*

Sơ đồ tính toán các biến dạng đều nhau hoàn toàn phù hợp với điều kiện làm việc của nền đất yếu bão hòa nước khi chiều dày của đệm cát thoát nước phía trên rất lớn.

Sơ đồ này ứng với điều kiện làm việc của các đê đập cao hoặc của mặt đường cứng có chiều dày lớn.

**3. Phương pháp tính toán**

***a. Tính toán độ lún cố kết của nền đất yếu bão hòa nước có các cọc cát thoát nước thẳng đứng theo sơ đồ biến dạng tự do không có vùng xáo động***

Cách tính này được dựa trên lời giải các phương trình cố kết theo phương thẳng đứng của các giáo sư K. Terzaghi và Barron Rendulic:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{K_v}{\gamma_n m_v} \times \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2} = C_v \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2}$$

Trong đó:

U - mức độ cố kết của nền đất;

t - thời gian làm việc của giếng cát tiêu nước;

Z - toạ độ theo phương đứng;

$\gamma_n$ - tỷ trọng của nước;

$m_v$ - hệ số nén thể tích theo phương thẳng đứng.

$$m_v = \frac{a_o}{1 + e_o}$$

$a_o$ - hệ số nén lún của đất;

$e_o$ - hệ số rỗng trung bình của đất dưới các cấp tải trọng ngoài;

$C_v$ - hệ số cố kết của nền đất theo phương đứng:

$$C_v = \frac{K_v}{\gamma_n m_v}$$

$K_v$ - hệ số thấm nước của đất theo phương đứng.

Giáo sư K. Terzaghi cũng đã đưa ra phương trình sau đây đối với lý thuyết cố kết của nền đất một chiều theo phương ngang:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = C_h \left( \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} \right)$$

Trong đó:

r - bán kính của cọc cát

$c_h$ - hệ số cố kết của nền đất theo phương ngang:

$$C_h = \frac{K_h}{\gamma_n m_v}$$

$K_h$ - hệ số thấm nước của đất theo phương ngang.

Hai bài toán cố kết nền đất được giải bởi các giáo sư Terzaghi và Rendulic đã dựa trên các giả thiết sau đây:

1- Nền đất đồng nhất và bão hòa nước.

2- Hạt đất và nước trong các lỗ rỗng không biến dạng nén, nền đất chỉ biến dạng theo phương đứng do nước trong các lỗ rỗng thoát ra ngoài.

3- Tốc độ thấm của nước trong đất tuân theo định luật Darcy.

4- Vùng ảnh hưởng của mỗi đường thoát nước là một trụ đất có chiều dài bằng chiều dài của đường thoát nước và có diện tích theo quy định như sau.

Nếu giếng cát bố trí theo mạng ô vuông

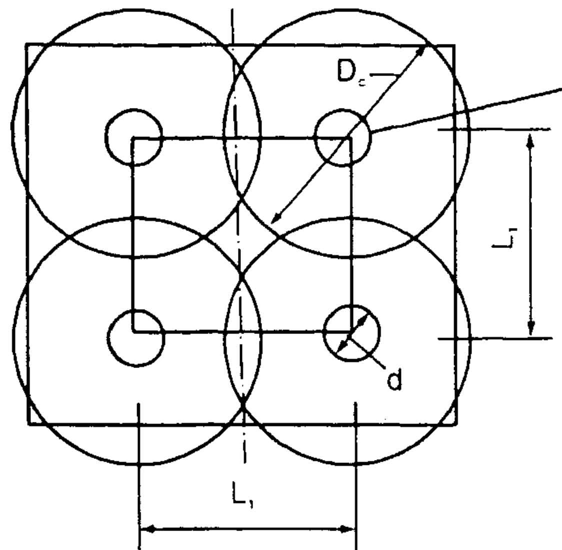
$$D_c = 1,13L_1$$

$D_c$ - đường kính phạm vi ảnh hưởng của giếng tiêu nước;

$L_1$ - khoảng cách giữa tâm các giếng cát;

+ Nếu giếng cát bố trí theo mạng tam giác đều:

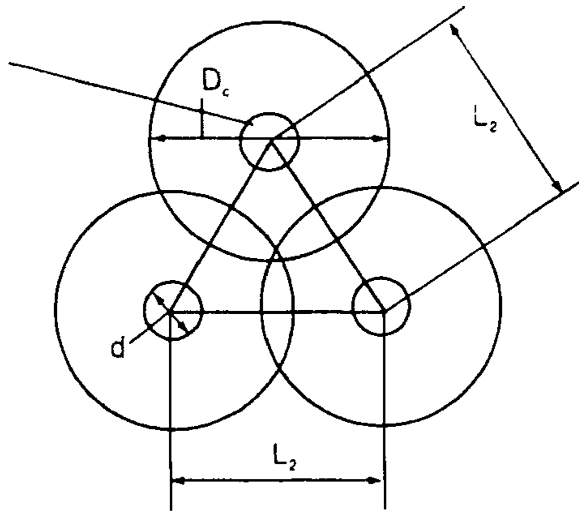
$$D_c = 1,05L_2$$




*Hình 1.11. Giếng cát bố trí theo mạng ô vuông*

$L_2$ - Khoảng cách giữa tâm các giếng cát;

Biến số $D_c$ có thể chế ngự được vì nó là hàm số của khoảng cách và sơ đồ bố trí các thiết bị tiêu nước.




*Hình 1.12. Giếng cát bố trí theo mạng tam giác đều*

Sơ đồ bố trí theo mạng hình vuông thuận lợi hơn trong thực tế do việc dễ sắp xếp cũng như dễ điều chỉnh, tuy nhiên sơ đồ bố trí theo mạng tam giác đều sẽ đem lại sự cố kết giữa các thiết bị tiêu nước đồng nhất hơn.

5- Hệ số thấm của đất không thay đổi trong suốt quá trình cố kết của nền đất

Năm 1942. N. Carrillo kết hợp các lời giải của Terzaghi và Rendulic đưa ra biểu thức tính toán độ cố kết trung bình toàn phần của đất nền khi có các đường thoát nước thẳng đứng dưới dạng:

$$U = U_h + U_v - U_h.U_v$$

Trong đó:

U - độ cố két trung bình toàn phần;

$U_h$ - độ cố kết trung bình do thoát nước trong nền đất theo phương ngang;

$U_v$ - độ cố kết trung bình do thoát nước trong nền đất theo phương đứng.

***b. Tính toán độ lún cố kết theo sơ đồ biến dạng đều không có vùng xáo động***

Phương trình vi phân của bài toán trên có dạng như sau:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = C_h\left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial U}{\partial r}\right) + C_v\frac{\partial^2 U}{\partial Z^2}$$

Trong đó:

$C_h$, $C_v$ - các hệ số cố kết hướng tâm và thẳng đứng dọc trục của nền đất;

r - bán kính của giếng cát thoát nước thẳng đứng;

Z - tọa độ theo phương đứng;

U - độ cố kết của nền đất.

Công thức thực nghiệm để xác định độ cố kết U đạt được sau một thời gian t kể từ lúc đắp xong đệm cát gia tải dựa trên định lý phân chia dòng chảy của N. Carrillo như sau:

$$U = 1 - (1 - U_h)(1 - U_v)$$

Trong đó:

U - Tổng mức độ cố kết (tỷ số độ lún sau thời gian t so với độ lún cuối cùng) khi có sự tách ép nước ra theo phương ngang và phương đứng;

$U_h$ - mức độ cố kết thoát nước theo phương ngang (phương hướng vào tâm giếng cát);

$U_v$ - mức độ cố kết thoát nước theo phương đứng (phương dọc theo chiều dài của giếng cát).

Như vậy là dựa vào các tính chất của đất nền như độ rỗng, độ thấm nước, kích thước của giếng cát, vùng ảnh hưởng và chiều sâu giếng cát cũng như thời gian làm việc của giếng cát... ta có thể xác định được mức độ cố kết của nền đất.

Mức độ cố kết của nền đất được xem là đạt nếu sau thời gian t độ lún của nền đất đạt hoặc vượt 90% so với độ lún ổn định cuối cùng, tức là phải thỏa mãn điều kiện:

$$U = \frac{S_t}{S} \geq 0,9$$

Nếu mức độ cố kết của nền đất chưa đạt yêu cầu trên ta có thể khắc phục bằng cách giảm khoảng cách giữa các giếng tiêu nước hoặc tăng đường kính của chúng.

*Ghi chú:*

Trong tính toán mức độ cố kết của nền đất dựa vào thời gian làm việc của giếng cát, hoặc ngược lại xác định thời gian cần thiết làm việc của giếng thấm để nền đất đạt được mức độ cố kết yêu cầu, trước tiên người ta phải xác định được các chỉ số sau đây:

*- Hệ số Barron (n)*

Là tỷ số của đường kính phạm vi ảnh hưởng của giếng cát tiêu nước ($D_e$) với đường kính của giếng cát (d)

$$n = \frac{D_c}{d}$$

- *Yếu tố thời gian theo phương đứng:*

$$T_v = \frac{C_v}{H^2}t$$

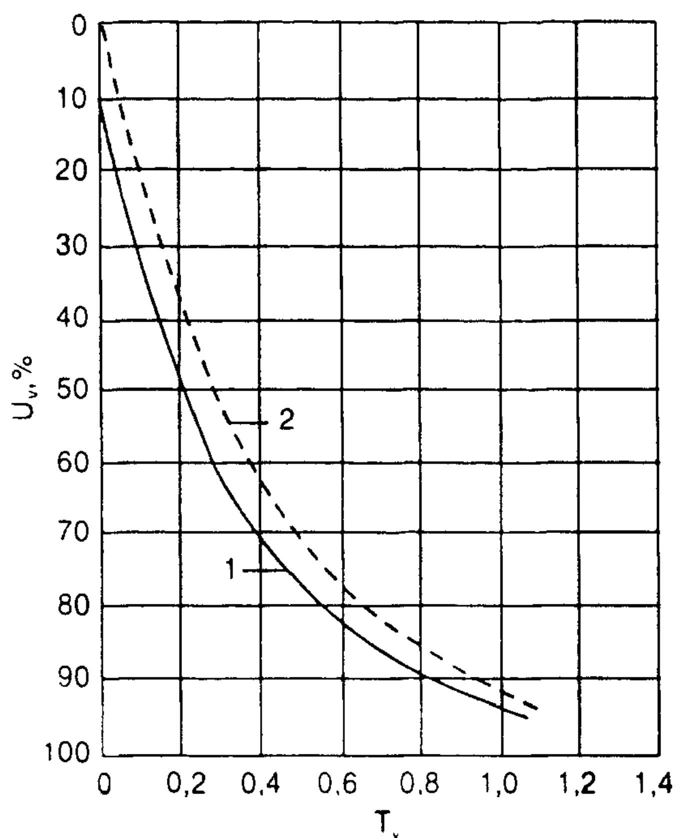
$C_v$ - hệ số cố kết trung bình của nền đất theo phương thẳng đứng;

H - chiều dày của tầng đất yếu cần được gia cường;

t - thời gian tính toán.

***Bảng 1.1.*** **Độ cố kết $U_v$ đạt được tùy thuộc nhân tố thời gian $T_v$**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_v$ | 0,004 | 0,008 | 0,012 | 0,020 | 0,028 | 0,036 | 0,048 |
| $U_v$ | 0,080 | 0,104 | 0,125 | 0,160 | 0,189 | 0,214 | 0,247 |
| $T_v$ | 0,060 | 0,072 | 0,100 | 0,125 | 0,167 | 0,200 | 0,250 |
| $U_v$ | 0,276 | 0,303 | 0,357 | 0,399 | 0,461 | 0,504 | 0,562 |
| $T_v$ | 0,300 | 0,350 | 0,400 | 0,500 | 0,600 | 0,800 | 1,000 |
| $U_v$ | 0,631 | 0,650 | 0,698 | 0,764 | 0,816 | 0,887 | 0,931 |
| $T_v$ | 1,000 | | | | | | |
| $U_v$ | 0,994 | | | | | | |




***Hình 1.13**. Đồ thị quan hệ $U_m = f(T_v)$*

- *Yếu tố thời gian theo phương ngang*

$$T_h = \frac{C_h}{D_c^2}t$$

$c_h$ - hệ số cố kết trung bình của nền đất theo phương ngang.

Khi có các hệ số n, $T_v$, $T_h$ dựa theo bảng hoặc biểu đồ ta có thể dễ dàng xác định được mức độ cố kết U theo từng phương của nền đất.

***Bảng 1.2.*** **Yếu tố thời gian $T_h$ khi gia giải tức thời của nền đất có các giếng tiêu nước thẳng đứng (điều kiện biến dạng đều)**

| $U_h$ | $T_h$ khi dưới các trị số n = $D_e$/d | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| 5 | 0,006 | 0,010 | 0,013 | 0,014 | 0,016 | 0,017 | 0,019 | 0,020 | 0,021 | 0,032 | 0,025 |
| 10 | 0,012 | 0,021 | 0,026 | 0,030 | 0,032 | 0,035 | 0,039 | 0,042 | 0,044 | 0,048 | 0,051 |
| 15 | 0,019 | 0,032 | 0,040 | 0,046 | 0,050 | 0,054 | 0,060 | 0,064 | 0,068 | 0,074 | 0,079 |
| 20 | 0,026 | 0,044 | 0,055 | 0,063 | 0,069 | 0,074 | 0,082 | 0,088 | 0,092 | 0,101 | 0,107 |
| 25 | 0,034 | 0,057 | 0,071 | 0,081 | 0,089 | 0,096 | 0,106 | 0,114 | 0,120 | 0,131 | 0,139 |
| 30 | 0,042 | 0,070 | 0,088 | 0,101 | 0,110 | 0,118 | 0,131 | 0,141 | 0,149 | 0,162 | 0,172 |
| 35 | 0,050 | 0,085 | 0,106 | 0,121 | 0,133 | 0,143 | 0,158 | 0,170 | 0,180 | 0,196 | 0,208 |
| 40 | 0,060 | 0,101 | 0,125 | 0,144 | 0,158 | 0,170 | 0,188 | 0,202 | 0,214 | 0,232 | 0,246 |
| 45 | 0,070 | 0,118 | 0,147 | 0,169 | 0,185 | 0,198 | 0,220 | 0,236 | 0,250 | 0,291 | 0,288 |
| 50 | 0,081 | 0,137 | 0,170 | 0,195 | 0,214 | 0,230 | 0,255 | 0,274 | 0,290 | 0,315 | 0,334 |
| 55 | 0,094 | 0,157 | 0,197 | 0,225 | 0,247 | 0,265 | 0,294 | 0,316 | 0,334 | 0,363 | 0,385 |
| 60 | 0,107 | 0,180 | 0,226 | 0,258 | 0,283 | 0,304 | 0,337 | 0,362 | 0,383 | 0,416 | 0,441 |
| 65 | 0,123 | 0,207 | 0,259 | 0,296 | 0,325 | 0,348 | 0,386 | 0,415 | 0,439 | 0,477 | 0,506 |
| 70 | 0,137 | 0,231 | 0,289 | 0,330 | 0,362 | 0,389 | 0,431 | 0,463 | 0,490 | 0,532 | 0,564 |
| 75 | 0,162 | 0,273 | 0,342 | 0,391 | 0,429 | 0,460 | 0,510 | 0,548 | 0,579 | 0,629 | 0,668 |
| 80 | 0,188 | 0,317 | 0,397 | 0,453 | 0,498 | 0,534 | 0,592 | 0,636 | 0,673 | 0,730 | 0,775 |
| 85 | 0,222 | 0,373 | 0,467 | 0,534 | 0,587 | 0,629 | 0,697 | 0,750 | 0,793 | 0,861 | 0,914 |
| 90 | 0,270 | 0,455 | 0,467 | 0,649 | 0,712 | 0,764 | 0,847 | 0,911 | 0,963 | 1,046 | 1,100 |
| 95 | 0,351 | 0,590 | 0,738 | 0,844 | 0,926 | 0,994 | 1,102 | 1,185 | 1,253 | 1,360 | 1,444 |
| 99 | 0,539 | 0,907 | 1,135 | 1,298 | 1,423 | 1,528 | 1,693 | 1,821 | 1,925 | 2,091 | 2,219 |

*c. Các công thức tính toán độ lún cố kết cuối cùng S:*

Để xác định độ lún cố kết cuối cùng S của nền đất có thể dựa vào hệ số nén lún ($a_o$), hệ số rỗng của nền đất ($e_o$) hoặc modyn biến dạng ($E_o$) của nền đất.

+ Phương pháp tính độ lún cố kết cuối cùng của nền đất dựa vào hệ số nén lún $a_o$:

$$S = a_o HPU$$

S - độ lún cố kết cuối cùng của nền đất;

$a_o$ - hệ số nén lún của đất;

H - chiều dày tầng đất yếu được gia cố;

U - mức độ cố kết tổng cộng của nền đất;

P - tải trọng gia tải tức thời.

+ Phương pháp tính độ lún cố kết cuối cùng của nền đất dựa vào hệ số rỗng $e_o$:

$$S = \frac{e_o - e_1}{1 + e_o} H$$

$e_o$ - hệ số rỗng ban đầu của đất;

$e_1$ - hệ số rỗng của đất sau khi cố kết.

+ Phương pháp tính độ lún cố kết cuối cùng của nền đất dựa vào modyn biến dạng $E_o$ của đất:

$$S = \left( \frac{3PH}{3E_o + 4P} \right) U$$

**4. Công nghệ thi công giếng cát thoát nước thẳng đứng:**

Nói chung là người ta tạo giếng cát trong đất yếu bằng cách lấp đầy cát vào các lỗ tạo sẵn. Có 2 phương pháp thi công thường được sử dụng:

***a) Phương pháp dịch chuyển:***

Phương pháp này thường được áp dụng phổ biến hơn, người ta sử dụng một ống thép có bịt đầu rồi đóng rung hoặc ép vào nền đất, đất nền bị dịch chuyển sang xung quanh ống thép, sau đó cát được nhồi vào lòng ống

đồng thời với việc rút ống ra khỏi lòng đất (cấu tạo của loại ống này xin xem phần cọc cát của chương các loại cọc trong xây dựng).

Phương pháp này gây ra nhiều xáo trộn của đất chung quanh giếng cát.

***b) Phương pháp thay thế:***

Phương pháp này, cát được đưa xuống nền đất trong những hố khoan được tạo sẵn bằng máy khoan hoặc tia nước.

Khi áp dụng phương pháp giếng cát thoát nước thẳng đứng, người ta thường kết hợp với việc gia tải trước để đẩy nhanh quá trình cố kết nền đất yếu.

Tải trọng ngoài thường được đắp bằng cát, sau khi đạt độ lún theo thiết kế lớp gia tải này sẽ được dỡ bỏ.

Tầng đệm cát này được thi công sau khi thi công giếng cát.

## III. PHƯƠNG PHÁP BẤC THẤM ĐỂ GIA CƯỜNG ĐẤT YẾU BÀO HÒA NƯỚC

### 1. Tổng quan

Phương pháp bấc thấm để gia cường nền đất yếu bão hòa nước hay còn gọi là phương pháp bấc thấm thoát nước thẳng đứng là thiết bị tiêu nước thẳng đứng chế tạo sẵn kết hợp với gia tải trước được sử dụng rộng rãi trên thế giới vào những năm 90 của thế kỷ XX trở lại đây, nó được phổ biến gần như đồng thời với phương pháp thoát nước bằng giếng cát.

Tại Việt Nam phương pháp bấc thấm lần đầu tiên được sử dụng để gia cố nền móng công trình nhà ở Trường đại học Hàng Hải, Hải Phòng, công trình 5 tầng số 40 Lý Thường Kiệt, Hà Nội và một số công trình khác tại tỉnh các Hà Nội, Hải Phòng, Nam Định, Hải Dương...

Trong những năm gần đây phương pháp này còn được sử dụng trong các dự án nâng cấp Quốc lộ 5 Hà Nội - Hải Phòng (đoạn km 30-45), tiếp đó là Quốc lộ 51 Hồ Chí Minh - Vũng Tàu, đường cao tốc Láng - Hòa

Lạc, xây dựng công trình thuỷ lợi hồ chứa nước Khe Ngang thuộc huyện Hương Trà tỉnh Thừa Thiên - Huế và một số công trình gia cố đất nền tại các khu công nghiệp Thị Vải, Phú Mỹ tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu.

**2. Nguyên lý chung của phương pháp bấc thấm**

***a. Cấu tạo của bấc thấm***

Bấc thấm gồm 2 thành phần: lõi chất dẻo (hay bìa cứng) được bao ngoài bằng vật liệu tổng hợp (thường là vải địa kỹ thuật polypropyline hay polyeste không dệt).

Bấc thấm có các tính chất và các đặc trưng sau đây:

- Cho nước trong lỗ rỗng của đất thấm qua lớp vải địa kỹ thuật bọc ngoài và lõi chất dẻo.

- Lớp vải địa kỹ thuật hay giấy tổng hợp bọc ngoài có chức năng cách giữa lõi chất dẻo và đất chung quanh đồng thời là bộ phận lọc (hạn chế cát hạt mịn chui vào lõi làm tắc thiết bị).

Lõi chất dẻo có 2 chức năng quan trọng vừa đỡ lớp bao bọc ngoài vừa tạo đường cho nước thấm dọc ngay cả khi áp lực ngang chung quanh lớn. Đây chính là ưu thế của phương pháp bấc thấm so với phương pháp giếng cát hay cọc cát.

Nếu so sánh hệ số thấm nước giữa bấc thấm với hệ số thấm của đất sét yếu bão hòa nước ta thấy:

Bấc thấm có hệ số thấm $K = 1 \times 10^{-4}$ m/sec lớn gấp nhiều lần so với hệ số thấm nước của đất sét yếu là $10 \times 10^{-5}$ m/ngày đêm, do đó các thiết bị bấc thấm dưới tải trọng nén tức thời đủ lớn có thể dễ dàng ép nước trong lỗ rỗng của đất sét thoát ra ngoài.

Năm 1973 M.O. Abelev đã tiến hành so sánh bằng thực nghiệm và thấy rằng: một cọc cát có đường kính 50cm có hiệu suất làm việc tương đương với 3-4 ống tiêu nước thẳng đứng bằng bấc thấm có cùng chiều sâu.

***b. Cơ chế làm việc của bấc thấm***

Khi tiêu nước theo phương ngang (hướng tâm) lí thuyết cố kết coi đất được tiêu nước bởi bấc thấm có mặt cắt ngang là hình tròn có đường kính tương đương:

$$d = \frac{2(a+b)}{\pi}$$

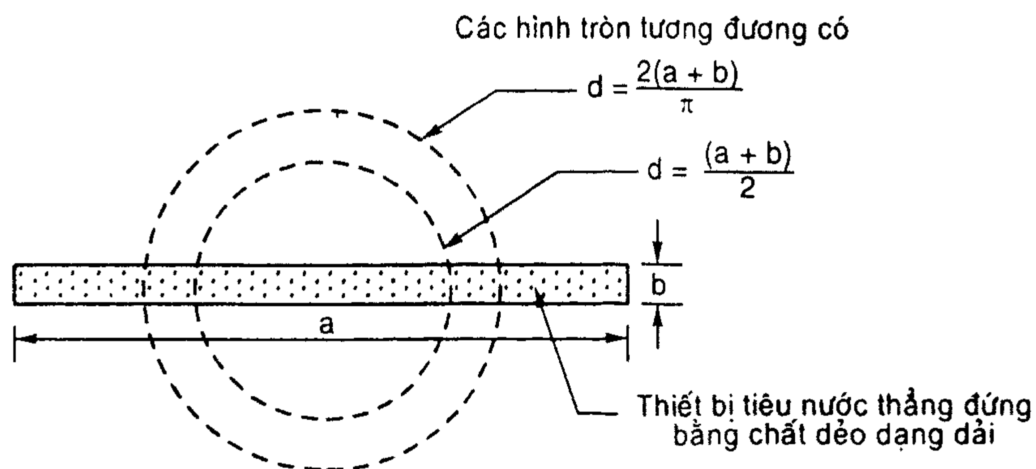
Đây là công thức của Hansbo được xác lập năm 1979.

Trong đó:

a- Chiều rộng mặt cắt ngang của bấc thấm;

b- Chiều dày mặt cắt ngang của bấc thấm.

Bằng phương pháp phần tử hữu hạn năm 1986 Rixner đưa ra cách tính đường kính tương đương của bấc thấm như sau:




*Hình 1.14. Sơ đồ tính toán đường kính tương đương của PVD (Theo Hansbo, 1979 và Rixner... 1986)*

$$d = \frac{a+b}{2}$$

Công thức đơn giản này năm 1987 cũng đã được Hansbo xác nhận và sử dụng.

***c. Vùng ảnh hưởng của bấc thấm***

Tương tự như phương pháp giếng cát thoát nước thẳng đứng việc bố trí thiết bị tiêu nước bằng bấc thấm thường theo 2 sơ đồ chính:

- Bố trí sơ đồ hình vuông có đường kính vùng ảnh hưởng $D_e$ là:

$$D_e = 1,13\ L_1$$

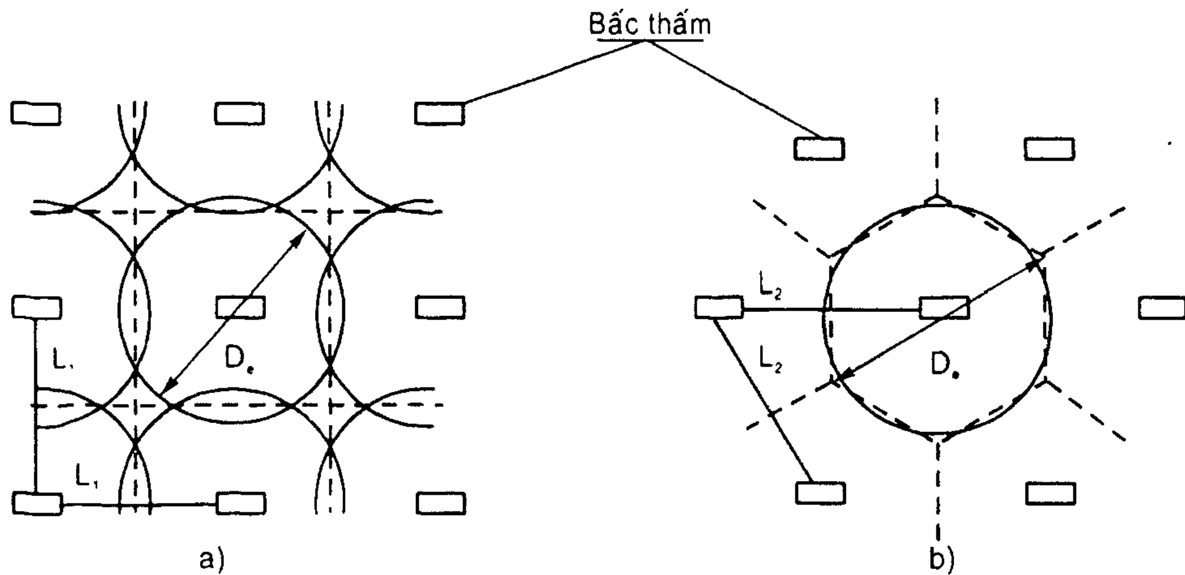
- Bố trí sơ đồ tam giác đều có đường kính vùng ảnh hưởng $D_e$ là:

$$D_e = 1,05\ L_2$$

$L_1$, $L_2$ - Khoảng cách giữa tâm các bấc thấm nằm cạnh nhau;

$D_e$ - Đường kính vùng ảnh hưởng của bấc thấm;

d - Đường kính quy đổi của bấc thấm.




*Hình 1.15. Sơ đồ bố trí bấc thấm*

*a - theo sơ đồ vuông; b - theo sơ đồ tam giác.*

***d. Tốc độ cố kết của nền đất***

Mục đích của công tác gia cường nền đất sét yếu bão hòa nước bằng bấc thấm là nhằm đạt được mức độ cố kết yêu cầu trong khoảng cách thời gian xác định.

Với thiết bị tiêu nước thẳng đứng bằng bấc thấm kết hợp với gia tải trước tổng mức độ cố kết U là kết quả kết hợp của hiệu quả tiêu nước theo phương ngang (hướng tâm) $U_h$ và tiêu nước theo phương thẳng đứng $U_v$.

Theo công thức của N. Carrillo xác lập 1942 ta có:

$$U = 1 - (1 - U_h)(1 - U_v)$$

$U_h$ - mức độ cố kết theo phương ngang của bấc thấm ($U_h$ có thể tra bảng hoặc tính theo công thức).

$$U_h = 1 - \exp\left(\frac{-8T_h}{F(n)}\right)$$

$T_h$ - Nhân tố thời gian theo phương ngang:

$$T_h = \frac{C_h}{D_e^2} t$$

$C_h$ - Hệ số cố kết theo phương ngang;

$D_e$ - Đường kính ảnh hưởng của thiết bị tiêu nước;

F(n) - Nhân tố xét đến ảnh hưởng của khoảng cách thiết bị tiêu nước

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln(n) \frac{3n^2 - 1}{4n^2}$$

n - Hệ số Barron $n = \frac{D_e}{d}$

d - Đường kính tương đương của bấc thấm:

$$d = \frac{a + b}{2}$$

Vì d rất nhỏ so với $D_e$ nên hệ số Barron trong trường hợp này thường rất lớn do đó trong công thức $n^2$ sẽ rất lớn so với 1 ($n >> 1$) vì thế F(n) có thể tính đơn giản là:

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4}$$

$U_v$ - Mức độ cố kết của nền đất theo phương đứng của bấc thấm ($U_v$ cũng có thể tra bảng hoặc tính toán bằng công thức)

***e. Sức cản của thiết bị tiêu nước thẳng đứng bằng bấc thấm***

Trong thực tế thi công người ta nhận thấy mức độ cố kết của nền đất không đều nhau trong suốt chiều dầy của tầng đất yếu, nguyên nhân là do sức cản của thiết bị tiêu nước bằng bấc thấm, cụ thể là:

- Áp lực ngang (áp lực hông) càng xuống sâu càng tăng lên. Khi đó lớp vải địa kỹ thuật bao bọc ngoài bị ép sát vào lõi chất dẻo làm giảm tiết diện ngang của ống dẫn nước.

- Thiết bị tiêu nước bị cong do tác dụng của áp lực thẳng đứng lớn, khi đó tốc độ dòng thấm bị giảm đáng kể.

- Các hạt đất rất nhỏ bị lấp nhét vào trong lõi chất dẻo sẽ bị cản trở khả năng dẫn thoát nước theo phương thẳng đứng của thiết bị.

Chính vì những nguyên nhân trên đây đã tác động đáng kể đến trị số mức độ cố kết và làm cho nó không còn là hằng số theo chiều sâu.

Người ta có thể điều chỉnh trị số mức độ cố kết $U_h$ bằng biểu đồ dựa vào các thông số cơ bản sau đây:

- Chiều dày của bấc thấm;
- Đường kính ảnh hưởng của bấc thấm;
- Lưu lượng nước thoát ra qua thiết bị tiêu nước bằng bấc thấm dưới gradien thuỷ lực I = 1;
- Hệ số thấm nước của đất theo phương ngang.

*g. Lựa chọn thiết bị tiêu nước thẳng đứng chế tạo sẵn bằng bấc thấm*

Người ta thường dùng các thiết bị tiêu nước chế tạo sẵn bằng bấc thấm có đường kính quy đổi d = 50 đến 70 mm. Theo Rixner trong các tài liệu nghiên cứu về bấc thấm công bố năm 1986 thì không nên dùng các loại bấc thấm có đường kính quy đổi d bé hơn 50mm.

Tóm lại việc lựa chọn thiết bị tiêu nước bằng bấc thấm phải có khả năng thoát nước ít nhất là 100 $m^3$/năm khi gradien áp lực I = 1 và dưới ứng suất nén cực đại cho phép không nở ngang.

Bộ lọc - lớp vải địa kỹ thuật bọc ngoài chất dẻo, vừa phải có độ thấm cao vừa ngăn chặn được các hạt cát nhỏ chui qua. Trong mọi điều kiện độ thấm của bộ lọc phải cao hơn độ thấm của nền đất bao quanh nó.

Theo Holtz kết quả nghiên cứu năm 1987 độ thấm nên lấy như sau:

$$K_{\text{vải địa kỹ thuật}} > 10\ K_{\text{đất}}$$

**3. Thi công bấc thấm**

Thi công gia cố nền đất yếu bằng bấc thấm bao gồm 3 công đoạn:

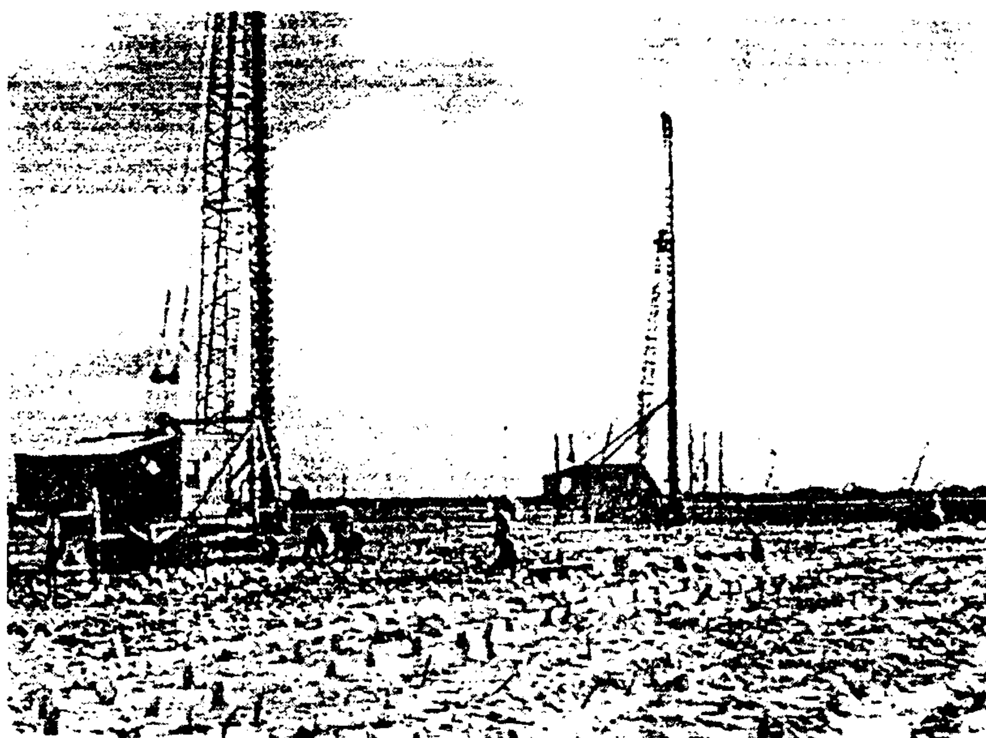
***a. Thi công đệm cát trên đầu bấc thấm***

Tầng đệm cát này phải được thi công trước khi thi công cắm bấc thấm. Tầng đệm này thường làm bằng cát thô hoặc cát hạt trung và được đầm chặt sao cho máy thi công di chuyển được và đảm bảo độ chặt theo yêu cầu thiết kế.

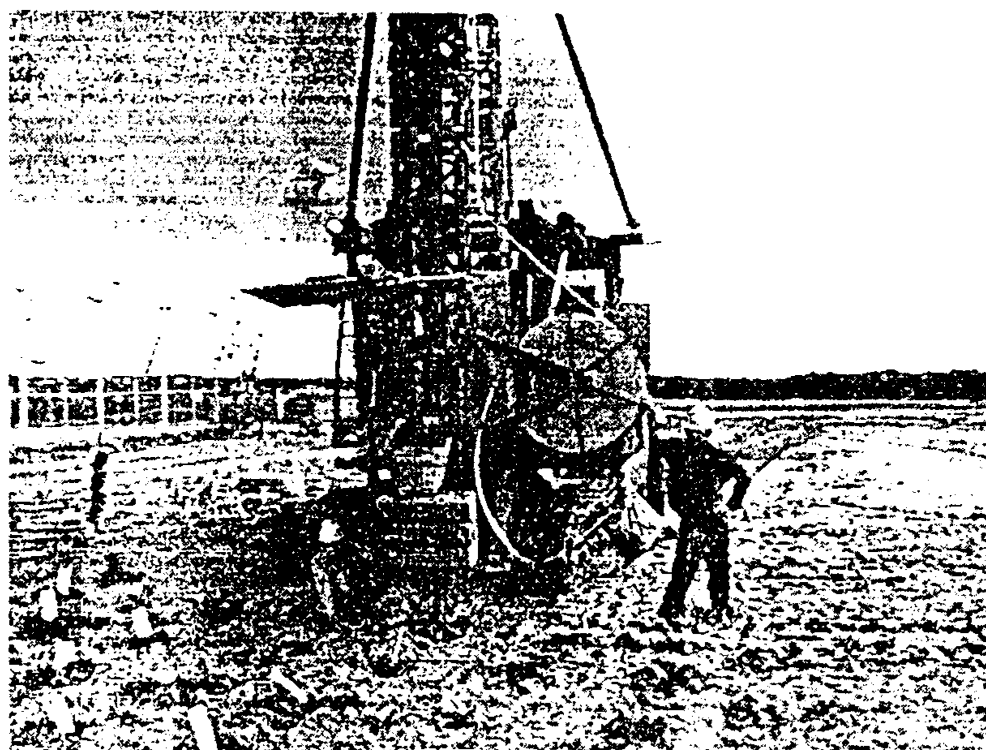
Tầng lọc ngược ở phía thấm ra ngoài mái ta luy của tầng đệm cát được thi công sau khi thi công cắm bấc thấm và trước khi đắp lớp gia tải.

Sau khi thi công cắm bấc thấm phía trên tầng đệm cát được trải một lớp cát hạt trung dày tối thiểu 25 cm để phủ đầu bấc thấm.

***b. Thi công cắm bấc thấm*** *(tiến hành sau khi thi công lớp đệm cát)*



***Hình 1.16.*** *Thi công bấc thấm tại hiện trường.*



***Hình 1.17.*** *Định vị điểm cắm bấc thấm.*

Sơ đồ di chuyển của máy cắm bấc thấm được thiết kế sao cho đảm bảo 2 điều kiện:

- Hành trình di chuyển máy là ngắn nhất.
- Máy không được đè lên những đầu bấc thấm đã thi công.

Các điểm cắm bấc thấm được định vị bằng máy trắc địa. Cắt bấc thấm cao hơn mặt tầng đệm cát là 20cm.

Phải kiểm tra giám sát chặt chẽ để khi cắm vào đất nền khỏi bị lệch, nhất là khi chiều dài bấc thấm lớn.

*c. Thi công lớp gia tải*

Lớp gia tải được thi công theo từng lớp, thời gian và độ dày của mỗi lớp phải đảm bảo để nền đất luôn trong điều kiện ổn định.

Khi thi công gia tải cần phải có biện pháp tạo đường thoát thuận tiện cho nước lỗ rỗng thoát lên từ nền đất yếu, nước được ép và bị đẩy ra ngoài phạm vi nền đắp.

Phải đặt các mốc đo rồi tiến hành quan trắc độ lún, độ chuyển vị ngang và áp lực của nước trong lỗ rỗng.

Công tác dỡ tải được tiến hành theo từng lớp sau khi hết thời gian gia tải và độ lún của nền đất đạt được tương ứng với độ lún thiết kế.

## IV. PHƯƠNG PHÁP GIA CỐ SÂU BẰNG CÔNG NGHỆ CỌC ĐẤT - VÔI - XIMĂNG

### 1. Tổng quan

Công nghệ gia cố sâu bằng cọc đất - vôi - ximăng được nghiên cứu và áp dụng đầu tiên tại Nhật Bản và các nước thuộc bán đảo Scandinave vào những năm 1970, ban đầu chỉ có vôi được sử dụng làm chất gia cố.

Phương pháp trộn dưới sâu được phát triển bắt nguồn từ yêu cầu cải tạo nền đất yếu cho các công trình cảng.

Từ đó đến nay công nghệ này đã được phát triển nhờ những nghiên cứu mà qua đó các thiết bị hoàn chỉnh hơn được sử dụng để tạo ra các cọc gia cố có chất lượng cao với những chất gia cố khác nhau phù hợp cho từng loại đất cũng như cho từng dạng công trình.

Tại Việt Nam phương pháp gia cố sâu bằng công nghệ cọc đất - vôi - ximăng ban đầu được nghiên cứu vào năm 1980 với sự giúp đỡ của Viện Địa kỹ thuật Thuỵ Điển. Đề tài nghiên cứu được Bộ Xây dựng nghiệm thu vào năm 1985 và được áp dụng cho một số công trình dân dụng và công nghiệp ở Hà Nội và Hải Phòng như:

- Gia cố móng nhà 7 tầng trụ sở Công an Hà Nội ở số 40 Hàng Bài.

- Nhà 5 tầng ở 59 Ngọc Khánh, Hà Nội.

- Tường vây hố đào nhà 5 tầng số 40 phố Lý Thường Kiệt, Hà Nội.

- Gia cố một số móng nhà như móng nhà 3 tầng Thanh Trì, nhà 4 tầng ở Mai Hương, Hà Nội và một số nhà khác ở thành phố Hải Phòng.

Gần đây một số công trình đã áp dụng công nghệ cọc đất - vôi - ximăng cho việc gia cố móng bồn bể như:

- Công trình Tổng kho xăng dầu Hậu Giang tại khu công nghiệp Trà Nóc, Cần Thơ.

- Công trình móng bồn 10.000$m^3$ tại kho xăng dầu Nhà Bè, thành phố Hồ Chí Minh.

- Công trình gia cố nền đất khu đầu điện nhà máy nhiệt điện Phú Mỹ 3, tỉnh Bà Rịa, Vũng Tàu.

Chiều dài cọc đất - vôi - ximăng đối với những công trình trên thường từ 8 đến 20m và khối lượng mét dài cọc cho mỗi một công trình khoảng từ 30.000m đến 43.000m.

Vật liệu cho công nghệ gia cố sâu nền đất yếu bằng cọc đất - vôi - ximăng là đất tại chỗ kết hợp với chất gia cố như vôi, xỉ quặng lò cao và xi măng, tuỳ theo mỗi loại đất khác nhau sẽ đòi hỏi các loại chất gia cố và hàm lượng khác nhau. Vấn đề này thường được nghiên cứu các mẫu trộn, tuỳ theo loại đất, trong phòng thí nghiệm sau đó đem thi công cọc và tiến hành thử tải tại hiện trường.

Sự tăng độ bền và giảm độ co của đất là kết quả của phản ứng giữa đất với chất gia cố, nó phụ thuộc chủ yếu vào các dạng khoáng vật trong đất, độ ẩm, lượng hữu cơ trong đất cũng như trong vật liệu gia cố.

Các phản ứng hoá học trong quá trình làm việc của cọc đất - vôi - ximăng là phản ứng của vôi, xỉ quặng, ximăng trong môi trường đất tự nhiên, cụ thể như sau:

- *Vôi*: Vôi được sử dụng trong gia cố nền đất là CaO (ôxit can-xi). Khi trộn với đất vôi sống tác dụng với nước trong đất tạo ra $Ca(OH)_2$ (hydroxít can-xi). Quá trình này diễn ra rất nhanh và rất mãnh liệt, một lượng nhiệt lớn được thoát ra từ phản ứng hoá học trên làm giảm hàm lượng nước trong nền đất. Vôi hydroxít can-xi sẽ phản ứng với các loại khoáng vật sét để tạo ra chất gắn kết. Quá trình tạo thành chất gắn kết này lại diễn ra tương đối chậm.

- *Xỉ quặng*: Xỉ quặng là một sản phẩm trong lò cao thải ra trong quá trình luyện thép, nó có thành phần hoá học tương tự như xi măng Portland. Tuỳ thuộc vào quá trình làm nguội mà xỉ quặng có thể có hình dạng và thành phần khác nhau, đối với việc gia cường nền đất rời nên sử dụng loại quặng xỉ có hàm lượng thuỷ tinh cao. Xỉ quặng là chất kết dính thuỷ lực phát triển chậm và cần chất xúc tác để tạo phản ứng. Thông thường trong trường hợp này chất xúc tác người ta vẫn dùng là xi măng.

- *Xi măng Portland*: Thành phần chủ yếu của xi măng Portland là silicat canxi và aluminat canxi sẽ phản ứng trong môi trường nước để tạo ra các hợp chất hydrat. Vữa xi măng sẽ hình thành một liên kết cứng giữa các thành phần hạt của khối gia cố.

**2. Tính toán cọc đất - vôi - xi măng**

***a. Tính toán khả năng chịu tải giới hạn của cọc đơn***

Khả năng chịu tải của cọc đơn gia cố được quyết định bởi sức kháng cắt của đất sét yếu bao quanh cọc (trường hợp đất bị phá hoại) hoặc sức kháng cắt của vật liệu cọc (trường hợp cọc bị phá hoại).

Loại phá hoại đầu phụ thuộc vào sức cản do ma sát mặt ngoài cọc và sức kháng mũi ở chân cọc.

Loại phá hoại sau phụ thuộc vào sức kháng cắt của vật liệu cọc.

+ Khả năng chịu tải giới hạn của cọc đơn trong đất sét yếu khi đất bị phá hoại được tính theo công thức:

$$Q_{gh\ đất} = \pi dH_{cọc} + 2,25\pi^2 d^2)C_u$$

Trong đó:

d - đường kính cọc;

$H_{cọc}$ - chiều dài cọc;

$C_u$ - độ bền kháng cắt không thoát nước của đất sét yếu bao quanh cọc được xác định bằng thí nghiệm ngoài trời.

+ Khả năng chịu tải giới hạn của cọc gia cố, trường hợp cọc bị phá hoại. Khi chịu tải trọng ngắn hạn, được tính theo công thức:

$$Q_{gh\ cọc} = A_{cọc}(3,5C_{cọc} + 3\sigma_n)$$

$A_{cọc}$ - diện tích tiết diện ngang của cọc gia cố;

$C_{cọc}$ - lực dính của vật liệu cọc gia cố;

$\sigma_n$ - tổng áp lực ngang tác động lên cọc tại mặt cắt giới hạn.

Do có hiện tượng rão của cọc khi cọc làm việc lâu dài nên độ bền lâu dài hay còn gọi là khả năng chịu tải thực tế của cọc được tính toán như sau:

$$Q_{rão\ cọc} = (0,65 \div 0,85)Q_{gh\ cọc}$$

***b. Tính toán khả năng chịu tải giới hạn của một nhóm cọc***

Trường hợp này cọc đất - vôi - xi măng được tính với giả thiết cột nửa cứng, những cột này tương tác với phần đất chưa được gia cố nằm giữa các cột coi như tạo thành một khối đồng nhất.

Khả năng chịu tải giới hạn của nhóm cọc gia cố phụ thuộc vào độ bền kháng cắt của đất sét yếu nằm giữa vật liệu hỗn hợp đã được gia cố làm cọc.

Sự phá hoại nhóm cọc có thể xẩy ra theo 2 trường hợp sau:

+ Nếu xẩy ra sự phá hoại toàn khối thì khả năng chịu tải giới hạn của nhóm cọc:

$$Q_{gh} = 2C_uH(B + L) + (6 \div 9)C_uBL$$

$C_u$ - sức kháng cắt tự nhiên của nền đất sét yếu bao quanh cọc;

B, L, H - chiều rộng, chiều dài, chiều cao của nhóm cọc;

Hệ số 6 - dùng cho móng hình chữ nhật (khi L > B);

Hệ số 9 - dùng cho móng hình vuông ( $L \approx B$).

+ Nếu xảy ra phá hoại cục bộ thì giới hạn chịu tải của nhóm cọc được tính

$$q_{gh} = 5,5C_{TB}\left(1 + 0,2\frac{b}{l}\right)$$

$C_{TB}$ - độ bền kháng cắt trung bình ban đầu của đất theo bề mặt bị phá hoại;

b, $l$ - chiều rộng và chiều rài của vùng bị phá hoại cục bộ.

***c. Tính toán tổng độ lún của nền đất gia cường bằng cọc - vôi - xi măng***

Tổng độ lún lớn nhất bằng tổng độ lún cục bộ của toàn khối nền được gia cường ($\Delta h_1$) và độ lún cục bộ của tầng đất nằm dưới đáy khối đất được gia cường bên trên ($\Delta h_2$):

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2$$

$\Delta h_1$ - độ lún cục bộ của khối nền đất sau khi đã được gia cường:

$$\Delta h = \frac{qH}{aM_{cọc} + (1-a)M_{đất}}$$

a - tiết diện;

q - tải trọng phân bố đều do công trình hay nền đất đắp bên trên truyền xuống;

$M_{đất}$, $M_{cọc}$ - modun lún của đất nền chung quanh và của vật liệu cọc:

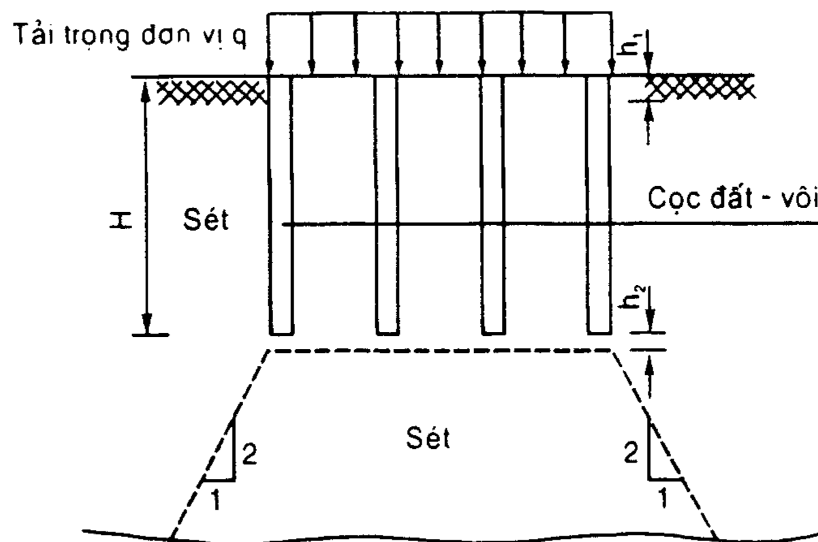
$$M = \frac{\Delta\sigma}{\Delta e}$$

$\Delta_\sigma$ - số gia ứng suất truyền lên đất hay cọc;

$\Delta_e$ - số gia hệ số rỗng của đất nền hay vật liệu cọc;

$\Delta h_2$ - độ lún cục bộ của tầng đất nằm dưới mũi cọc;

$$\Delta h_2 = \beta\Delta h_o$$




*Hình 1.18. Sơ đồ tính toán tổng độ lún của nền được gia cường bằng cọc đất - vôi - xi măng dưới tải trọng phân bố đều khi chưa vượt quá độ bền rão của cọc*

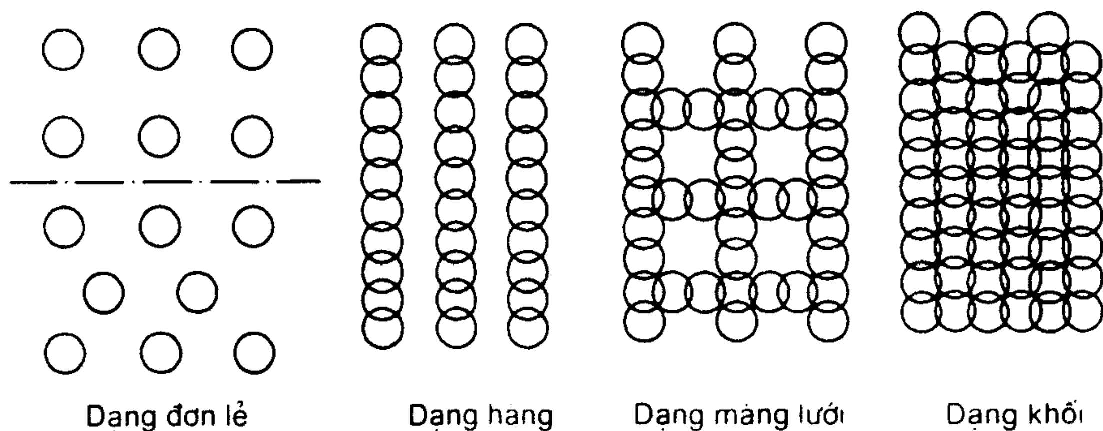
$\Delta h_0$ - độ lún cuối cùng của tầng đất dưới mũi cọc;

β - hệ số giảm thiểu độ lún - đó là tỷ số giữa tổng độ lún của khối đất đã gia cường bằng cọc đất - vôi - xi măng với tổng độ lún của chính khối đất đó ở trạng thái tự nhiên.

$$\beta = \frac{M_{đất}}{aM_{cọc} + (1 - a)M_{đất}}$$

*d. Các dạng lưới cọc đất - vôi - xi măng*

- Khi cọc được sử dụng để gia cố chống trượt chúng được bố trí theo dạng hàng, dạng lưới hay dạng khối nhằm ngăn chặn sự phát triển của các mặt trượt.




*Hình 1.19. Các dạng lưới cọc đất - vôi - xi măng*

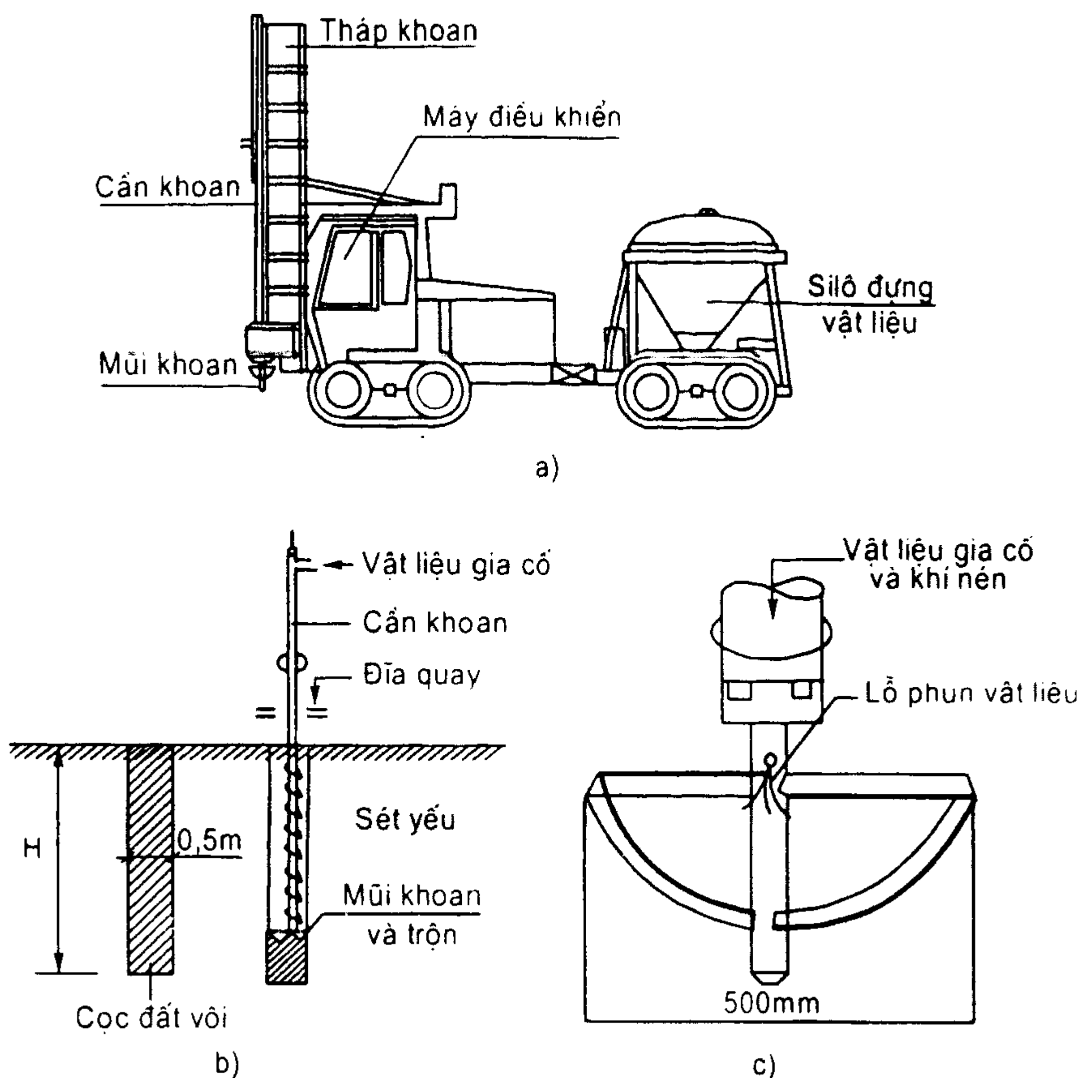
- Khi cọc được sử dụng cho mục đích làm giảm độ lún chúng được bố trí theo dạng cọc đơn.

### 3. Công nghệ thi công cọc đất - vôi - xi măng

Phương pháp thi công cọc đất - vôi - xi măng có thể phân chia thành 2 loại:

#### *a. Phương pháp trộng phun khô*

Cọc gia cố được tạo thành bởi hỗn hợp đất tại chỗ và vật liệu gia cố.




***Hình 1.20.*** *Sơ đồ nguyên tắc máy thi công cọc đất - vôi - xi măng*
*a - sơ đồ tổng thể; b - cọc đất - vôi - xi măng; c - mũi khoan*

Mũi khoan được đưa sâu xuống đất bằng phương pháp khoan xoay, khi đã đạt tới chiều sâu thiết kế mũi khoan được quay ngược trở lại và rút dần lên, lúc này mũi khoan làm nhiệm vụ trộn đất tại chỗ với chất gia cố. Trong suốt quá trình trộn hỗn hợp chất gia cố được đưa vào hố khoan bằng khí nén qua một ống có lỗ phun ở đầu mũi khoan.

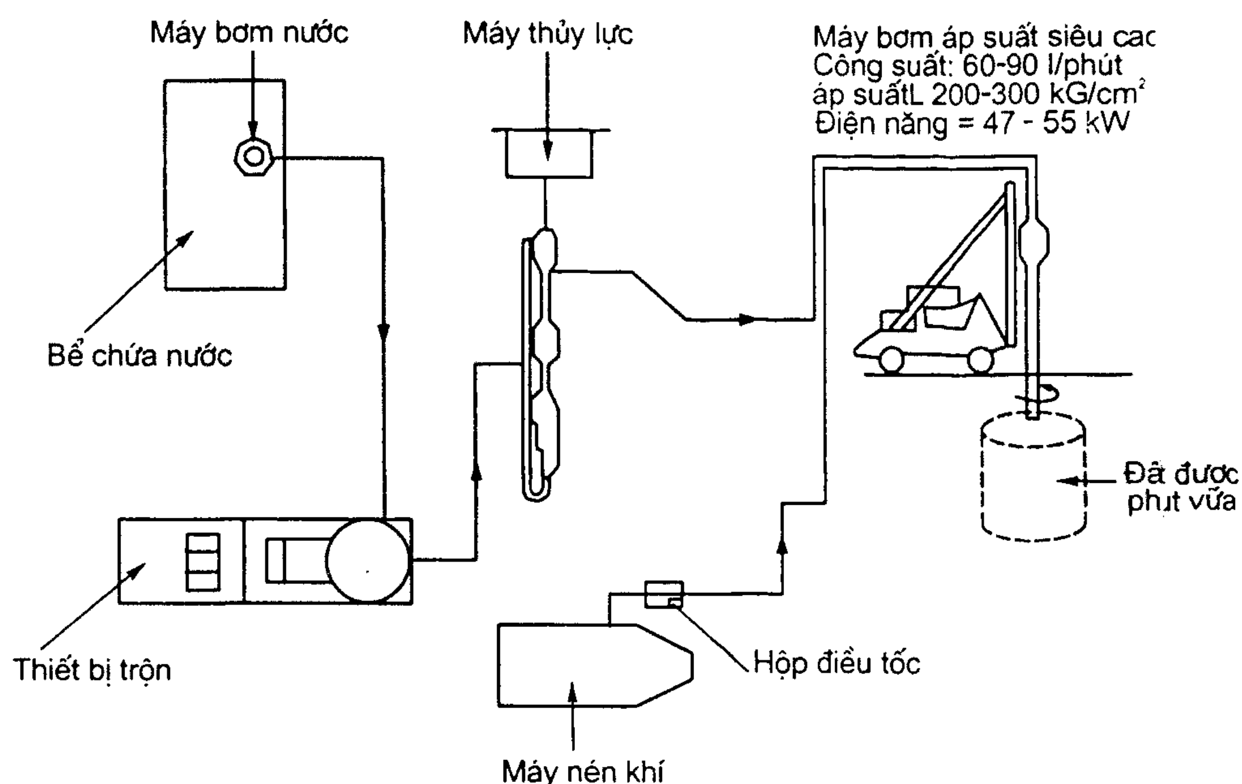
Theo phương pháp này người ta không cho thêm nước vào đất, mặt khác khi dùng vôi sống làm chất gia cố thì quá trình hydrat hoá sẽ tạo ra nhiệt làm khô đất chung quanh vì thế hiệu quả cải tạo đất sẽ tốt hơn.

*b. Phương pháp trộn phun ướt*

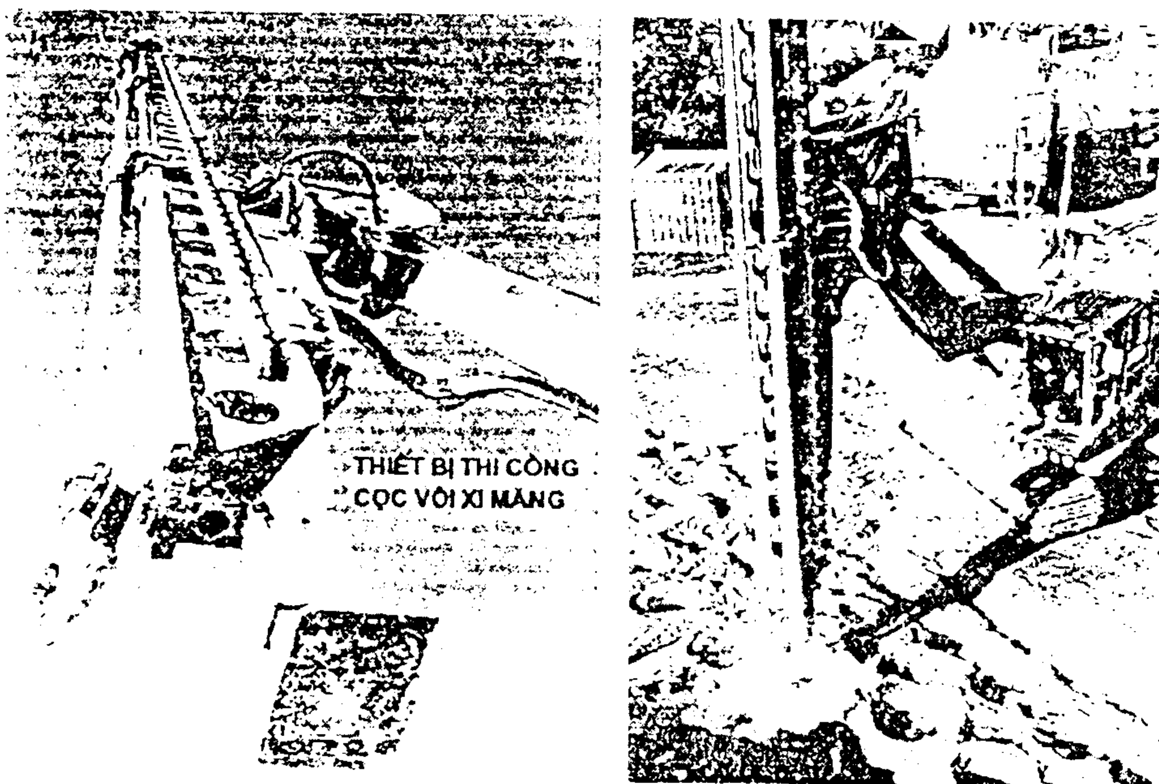
Thực chất đây là phương pháp phun vữa, vữa vôi hay xi măng được phun vào đất với áp suất từ 20 mPa đến 40 mPa từ một vòi phun xoay.

Thiết bị thi công theo phương pháp này tương đối gọn nhẹ nên dễ di chuyển.

Ưu điểm của phương pháp này là đường kính của cọc được gia cố có thể thay đổi theo độ sâu tuỳ theo sự biến đổi về độ bền kháng cắt của nền đất.




***Hình 1.21.*** *Sơ đồ thiết bị để phun vữa.*




*Hình 1.22. Thiết bị thi công cọc đất - vôi - xi măng.*

## V. PHƯƠNG PHÁP ỨNG DỤNG VẢI ĐỊA KỸ THUẬT ĐỂ GIA CƯỜNG NỀN ĐẤT YẾU

### 1. Tổng quan

Các ứng dụng đầu tiên của vải địa kỹ thuật để gia cường nền đất được biết đến từ rất xa xưa như ở Vạn Lý Trường Thành của Trung Quốc.

Vào năm 1926 vải cốt-tông dày đã được dùng như vật liệu ngăn cách để cải tạo và ổn định nền đường do cục đường bộ nam Carilia thực hiện.

Từ năm 1926 đến những năm 1960 của thế kỷ XX hầu hết các ứng dụng vải địa kỹ thuật dùng làm lớp bảo vệ, phòng chống xói lở trong xây dựng các công trình cầu đường, thủy lợi cho những nền đất kém ổn định.

Các sản phẩm vải địa kỹ thuật được dùng như một lớp ngăn cách, tầng lọc ngược và tiêu nước. Từ những năm 1960 đến 1980 hàng loạt các sản phẩm của vải địa kỹ thuật được ra đời trong đó có các sản phẩm vải địa kỹ thuật không dệt được sản xuất bằng phương pháp nhiệt hoặc châm kim.

Cùng với sự phát triển của vải địa kỹ thuật các phương pháp tính toán thiết kế vải địa kỹ thuật cũng dần dần được hoàn thiện. Hội thảo Quốc tế lần đầu tiên về vải địa kỹ thuật được tổ chức Pháp năm 1977 tiếp đó là sự ra đời của Hiệp hội vải địa kỹ thuật. Quốc tế cùng các tổ chức tiêu chuẩn như ASTM càng khẳng định vị trí cần thiết của vải địa kỹ thuật. Bắt đầu từ những năm 1980 trở về sau này các phương pháp tính toán thiết kế gia cường nền đất bằng vải địa kỹ thuật phục vụ xây dựng hàng loạt những công trình khác nhau ra đời. Các công trình điển hình sử dụng vải địa kỹ thuật có thể kể đến như:

- Công trình bảo vệ bờ biển Duch Delta Work Sclieme Hà Lan đã dùng tới 10 triệu mét vuông vải địa kỹ thuật.

- Các công trình ở Bắc Mỹ chỉ trong 10 năm từ 1970 đến 1980 đã sử dụng tới 90 triệu mét vuông vải địa kỹ thuật.

Ở Việt Nam việc sử dụng vải địa kỹ thuật còn khá mới mẻ, năm 1995 Công ty Công trình Giao thông 2 Hà Nội lần đầu tiên đã sử dụng vải địa kỹ thuật trong công tác gia cố nền đường.

Trong những năm gần đây, vải địa kỹ thuật đã được dùng trong các dự án như nâng cấp, cải tạo quốc lộ 5, quốc lộ 51, quốc lộ 18, quốc lộ 10, đường cao tốc Láng - Hòa Lạc, đường Hồ Chí Minh và một số công trình thuỷ lợi như đê biển, đê sông, đập ở một số hồ chứa nước.

Sở dĩ vải địa kĩ thuật ngày càng được dùng phổ biến trên thế giới cũng như ở Việt Nam vì không những giá thành rẻ so với các giải pháp xử lý khác mà phương pháp thi công lại dễ dàng, không đòi hỏi trang thiết bị hiện đại, chuyên chở gọn nhẹ dễ bảo quản, rút ngắn được thời gian thi công. Mặt khác, vải địa kỹ thuật còn có nhiều tính năng phong phú khác như:

- Dùng làm bộ phận tiêu lọc nước;

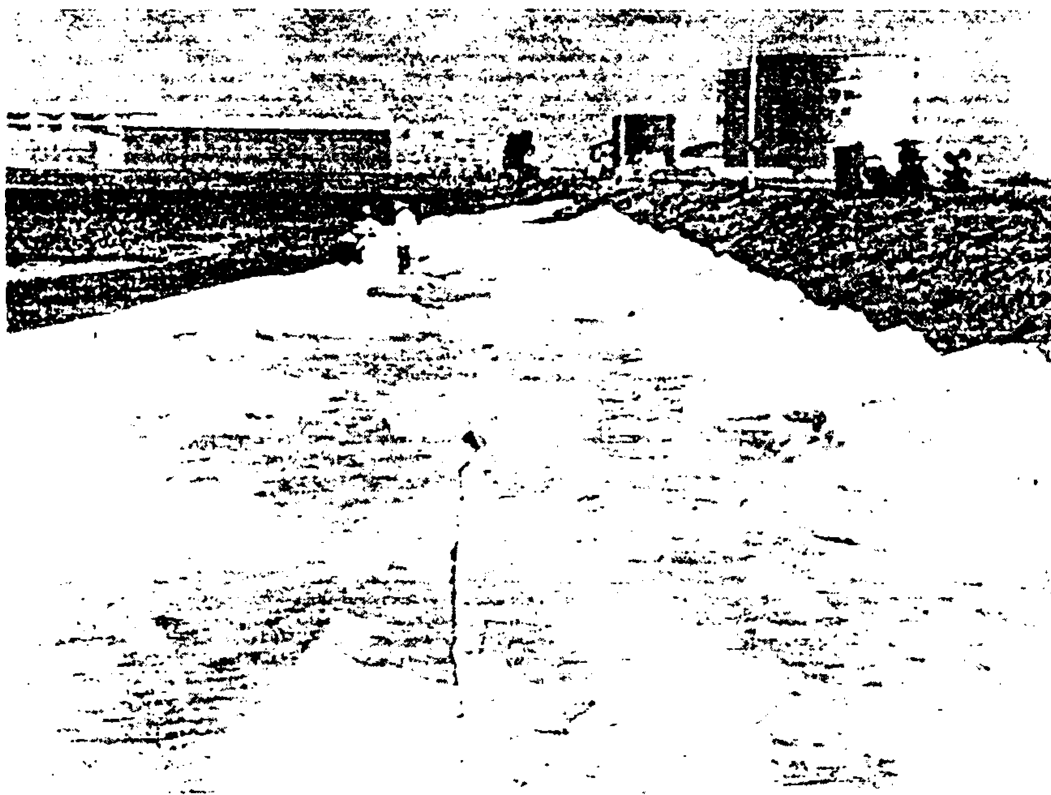
- Dùng làm lớp ngăn cách;

- Chống xói mòn trong gia cố đê đập;

- Tạo mái dốc và hạ mực nước ngầm.

Tuy nhiên, việc dùng vải địa kỹ thuật để gia cố nền đất yếu và ổn định cơ học khối đất đắp cũng có mặt hạn chế là chỉ áp dụng được cho

những vùng đất có chiều sâu tầng đất yếu tương đối nhỏ, khi tầng đất yếu dày trên 2m thì phương pháp này thường được áp dụng kết hợp với một số phương pháp gia cố sâu khác.



*Hình 1.23. Thi công trải vải địa kỹ thuật.*

**2. Các sản phẩm của vải địa kỹ thuật**

Hiện nay các sản phẩm của vải địa kỹ thuật đều chế tạo từ các chế phẩm phụ của dầu mỏ, đó là các hợp chất như polyester, polypropylene, polyamide, polyethylene - terephthalate...

Tùy theo từng hợp chất và phương pháp sản xuất mỗi loại vải địa kỹ thuật có những đặc tính về cơ lý hoá khác nhau như độ dãn, sức chịu kéo chịu cắt, độ thấm nước, sự thích nghi với môi trường...

Qua các thí nghiệm cũng như thực tế sử dụng cho thấy vải polyester là tốt hơn cả.

Trên thế giới có rất nhiều loại vải địa kỹ thuật đang được sử dụng nhưng theo hình thức sản xuất người ta phân ra làm 2 loại chính:

*a. Loại vải dệt:*

Các sợi dọc và ngang của vải địa kỹ thuật cũng được dệt như vải thường, loại này sức chịu kéo theo hướng dọc bao giờ cũng lớn hơn theo hướng ngang. Người ta gọi vải địa kỹ thuật này là nhóm vải dệt có độ dãn thấp và sức chịu kéo cao. Đặc trưng cho nhóm này là các loại vải:

- Robusta, Nicolon của Hà Lan
- Amoco của Anh
- Krafter của Nhật.

*b. Loại vải không dệt:*

Gồm các sợi ngắn được liên kết không theo một hướng nhất định nào bằng các phương pháp nhiệt, hoá chất dính hoặc châm kim, người ta gọi loại vải địa kỹ thuật này là nhóm vải có độ dãn lớn và sức chịu kéo thấp.

Đặc trưng cho nhóm này có các loại vải:

- Fiberlex của Đan Mạch;
- Plyfelt của Úc;
- Rerrafix của Canada;
- Sodoca, Bidium của Pháp.

Ngoài 2 nhóm chủ yếu trên còn có một nhóm vải địa kỹ thuật khác là nhóm đan, ngược với nhóm vải dệt, loại đan sức chịu kéo theo phương ngang lớn hơn theo phương dọc.

Đại diện cho nhóm này là vải Terram RF/12 của Anh.

**3. Chức năng của vải địa kỹ thuật**

Vải địa kỹ thuật người ta đã thống kê được 6 công dụng chính:

*a. Làm lớp ngăn cách giữa các vật liệu khác nhau:*

Đất và các vật liệu làm nền đường có khả năng chịu kéo kém, nhờ có các lớp vải địa kỹ thuật ngăn cách nên các lớp vật liệu rời không bị trộn vào nhau và nhờ khả năng chịu kéo tốt vải địa kỹ thuật không những phân bố ứng suất đồng đều trên nền đất mà còn tiếp nhận được lực kéo tương tự như cốt thép trong bê tông.

*b. Gia cường nền đất yếu:*

Lớp vải địa kỹ thuật này giống như loại cốt làm tăng khả năng chịu tải của nền đất yếu, làm nền đất đắp ổn định.

*c. Làm tầng lọc ngược:*

Cho phép nước chảy qua vải nhưng lại ngăn không cho đất lọt qua, như vậy tránh được hiện tượng sụt lún do tạo thành lỗ rỗng trong đất khi các hạt đất theo nước thoát ra ngoài, muốn vậy thì độ thấm của vải địa kỹ thuật phải cao hơn độ thấm của đất.

*d. Làm chức năng dẫn nước:*

Nước từ trong đất theo các lớp vải địa kỹ thuật được dẫn chảy ra ngoài nhờ vậy làm tăng lực chống cắt của đất. Tính chất nàychỉ có ở loại vải địa kỹ thuật không dệt.

*e. Sử dụng trong tường chắn đất:*

Trong tường chắn đất vải địa kỹ thuật được sử dụng làm cốt người ta gọi là tường chắn dất cốt mềm.

*g. Làm lớp bảo vệ chống xói mòn:*

Để ổn định mái dốc các hố đào, mái dốc đê đập và bảo vệ nền đất đắp khỏi bị nước xói mòn người ta dùng vải địa kỹ thuật thay thế cách gia cố thông thường bằng gạch đá, bê tông. Dùng vải địa kỹ thuật trong trường hợp chống xói mòn không những tiết kiệm hơn mà còn đạt hiệu quả cao hơn vì lực ma sát giữa đất và vải rất lớn, do đó tăng khả năng chống trượt của khối đất, nâng cao tuổi thọ công trình và dễ thi công.

Ngoài ra tại các công trường xây dựng vải địa kỹ thuật còn được dùng làm các hàng rào bao quanh, mục đích để chặn bùn cát chỉ cho nước thoát ra ngoài tránh làm tắc cống và bảo vệ môi trường chung quanh.

**4. Tính toán khả năng tăng cường độ của đất sau khi gia cường bằng vải địa kỹ thuật**

Tính toán chính xác việc sử dụng vải địa kỹ thuật trong gia cường nền đất yếu thì rất phức tạp vì phải sử dụng rất nhiều công thức lý thuết về toán học.

Broms đã đề xuất việc tính toán ứng suất phát sinh do hiệu quả màng mỏng.

Theo Broms ứng suất của đất theo phương ngang tại độ sâu Z trong trường hợp này được xác định như sau:

$$\sigma_h = \frac{P}{2\pi Z^2}\left[3\sin^2\theta\cos^2\theta - \frac{(1-2\mu\cos^2\theta}{1+\cos\theta}\right]$$

Trong đó:

P - tải trọng tác dụng theo phương thẳng đứng

θ - góc lệch của tải trọng và phương thẳng đứng

Z - chiều sâu từ bề mặt tác dụng của tải trọng đến điểm tính toán

μ - hệ số Poisson của đất

Nếu tải trọng tác dụng từ trên xuống dưới hoàn toàn theo phương thẳng đứng, tức là $\theta = 0$, đây là trường hợp rất phổ biến, thì phương trình trên sẽ là:

$$\sigma_h = -\frac{P}{2\pi Z^2}\left(\frac{1}{2}-\mu\right)$$

Nếu $\mu < 0{,}5$ thì $\sigma_h < 0$ tức là phát sinh ứng suất kéo trong đất trên mặt phẳng nằm ngang. Ứng suất kéo sẽ được vải địa kỹ thuật tiếp nhận, do đó ta thấy sự cần thiết phải bố trí các lớp vải địa kỹ thuật trong đất.

Từ phương trình trên ta thấy nếu tải trọng P càng lớn thì ứng suất kéo cũng càng lớn, đồng thời vải địa kỹ thuật càng đặt gần điểm đặt tải trọng (trường hợp Z càng nhỏ) thì ứng suất do vải tiếp nhận càng lớn.

Do đó thực tế người ta đã bố trí vải địa kỹ thuật ngay trên bề mặt lớp đất yếu để tăng cường khả năng chịu tải của nền đất.

Điều này đặc biệt có hiệu quả khi thi công hoặc lu lèn các lớp đất đắp ngay trên mặt lớp đất yếu.

*Bảng 1.3.* **Bảng thống kê về các lĩnh vực ứng dụng và chức năng của vải địa kỹ thuật**

| Lĩnh vực ứng dụng | Chức năng | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Phân cách** | **Tiêu** | **Lọc** | **Gia cố** | **Bảo vệ** |
| - Đường đất sân kho bãi đỗ xe | + | Δ | Δ | Δ | |
| - Đê các công trình ngăn nước | + | Δ | Δ | (*) | |
| - Gia cố mái dốc | | + | Δ | + | |
| - Tiêu ngầm | Δ | Δ | + | | |
| - Lọc qua đập đất | + | + | + | | |
| - Khép kín ngăn chặn các vùng chứa chất thải | | | | Δ | + |
| - Ngăn chặn các loại hoá chất | | | + | | + |
| - Đường hầm chống thấm nước | | | | Δ | + |
| - Sân vận động và các loại sân đấu khac | | + | Δ | + | |

*Ghi chú:* + Chức năng chính;

Δ Chức năng phụ;

(*) Có thể ứng dụng tuỳ loại đất.

*Bảng 1.4.* **Tổng kết về khả năng áp dụng biện pháp kỹ thuật cải tạo nền đất cho các loại đất khác nhau**

| **Cơ chế cải tạo** | **Làm cốt vải địa kỹ thuật cọc cát mật độ dày** | **Hỗn hợp trộn hay phụt vữa** | **Đầm chặt** | **Thoát nước giếng cát, bấc thấm cọc cát mật độ thưa** |
|---|---|---|---|---|
| Thời gian cải tạo | Phụ thuộc sự tồn tại của cốt | Tương đối ngắn | Lâu dài | Lâu dài |
| Đất hữu cơ | + | + | | + |
| Đất sét có nguồn gốc núi lửa | + | + | | + |
| Đất sét có độ dẻo cao | + | + | | + |
| Đất sét có độ dẻo thấp | + | + | | + |
| Đất bùn | + | + | + | + |
| Đất cát | + | + | + | |
| Đất sỏi | + | | + | |
| Trạng thái cải tạo của đất | Tương tác giữa đất và cốt | Xi măng hoá | Dung trọng cao do hệ số rỗng giảm | |
| | Không thay đổi trạng thái đất | Thay đổi trạng thái đất | | |

*Bảng 1.5.* **Phương án áp dụng theo loại đất cần cải tạo**

| Phương pháp cải tạo | Cọc cát | Giếng cát tiêu nước | Bấc thấm | Cọc đất - Vôi - xi măng |
|---|---|---|---|---|
| Loại đất | | | | |
| Đất hữu cơ | 0 | × | × | 0 |
| Than bùn | 0 | × | × | 0 |
| Đất sét độ dẻo cao | 0 | × | × | × |
| Đất sét độ dẻ thấp | 0 | × | × | × |
| Đất bùn | × | × | × | × |
| Đất cát | v | 0 | 0 | × |

*Bảng 1.6.* **Phương án áp dụng theo dạng công trình**

| Phương pháp cải tạo | Cọc cát | Giếng cát tiêu nước | Bấc thấm | Cọc đất - Vôi - xi măng |
|---|---|---|---|---|
| Dạng công trình | | | | |
| Nền đường | 0 | 0 | X | X |
| Đường cầu dẫn | × | × | 0 | × |
| Bãi, cảng, sân bay | × | × | × | × |
| Nền móng công trình nhẹ | × | × | 0 | × |
| Ổn định đê chắn sóng | × | × | 0 | × |
| Đất lấn biển sông | × | × | × | 0 |
| Móng bồn bể chứa | × | × | 0 | × |
| Ổn định hố đào | 0 | 0 | 0 | × |
| Chống lún CT đặt ngầm | 0 | 0 | 0 | × |

*Ghi chú:* 0: Không nên sử dụng

×: Nên sử dụng

# Chương II
# CÔNG TÁC LÀM KHÔ HỐ MÓNG, CÁC BIỆN PHÁP THI CÔNG TƯỜNG HẦM VÀ CÁC GIẢI PHÁP CHỐNG THẤM CHO TẦNG HẦM

## I - CÔNG TÁC LÀM KHÔ HỐ MÓNG

Để việc thi công phần ngầm của các công trình được tương đối thuận lợi trong điều kiện mực nước ngầm cao cần có biện pháp hạn chế lưu lượng nước thẩm thấu vào khu vực thi công hố đào.

Nước ngầm chảy vào hố đào gây sụt lở vách hố đào, đẩy nổi đáy hố đào, gây khó khăn cho việc thi công đặc biệt là thi công lớp bê tông đáy.

Tùy thuộc vào lưu lượng nước, độ cao mực nước ngầm, độ sâu của hố móng, thành phần hạt và tính chống thấm của đất nền mà định ra biện pháp thích hợp cho việc làm khô hố móng.

Các biện pháp phổ biến để làm khô hố móng:

1. Phương pháp bơm hút nước lộ thiên

2. Phương pháp hút ngầm:

- Hút ngầm bằng giếng lọc

- Hút ngầm bằng ống kim lọc

3. Phương pháp điện thấm

4. Phương pháp đóng băng

**1. Phương pháp bơm hút nước lộ thiên:**

Người ta khơi những đường rãnh đáy của chúng thấp hơn mực nước ngầm cần phải hạ. Nền hố móng phải làm hơi dốc để nước chảy được xuống rãnh, rãnh dẫn nước tụ vào một hố tập trung rồi dung gầu hoặc máy bơm để dẫn nước ra ngoài.

Bơm nước có thể liên tục hoặc theo chu kỳ.

Phương pháp này thường được áp dụng khi lưu lượng nước thấp, dòng chảy không mạnh. Nếu lưu lượng lớn và dòng nước chảy mạnh thì hố đào cần phải được bảo vệ và gia cường bằng các hàng cừ bằng gỗ hay bằng thép tùy theo độ sâu hố móng, tính chất công trình và điều kiện địa chất thủy văn của đất.

***a. Công thức tính lưu lượng của nước cần bơm khỏi hố đào theo phương pháp hút nước lộ thiên được tính toán như sau:***

$$Q = KIA$$

Q - Lưu lượng nước cần bơm khỏi hố đào

K - Hệ số thấm của đất (m/)

I - Gradien thủy lực

A - Tiết diện ngang của dòng thấm

***b. Ưu khuyết điểm của phương pháp hút nước lộ thiên:***

Cách hút nước lộ thiên là một phương pháp cực kỳ đơn giản ai cũng làm được và rất rẻ tiền vì nó không đòi hỏi kỹ thuật và thiết bị phức tạp, nhưng có nhiều nhược điểm, đặc biệt là đối với những công trình phức tạp thời gian thi công lâu, cụ thể là:

- Nếu phải làm hàng cừ bảo vệ thì phương pháp này tốn kém rất nhiều vật liệu và nhân lực nên trong đa số trường hợp giá thành cao.

- Mạch nước vẫn có thể rò qua khe hở của các hàng cừ bảo vệ và ở đáy hố móng làm trở ngại việc thi công cơ giới làm đất.

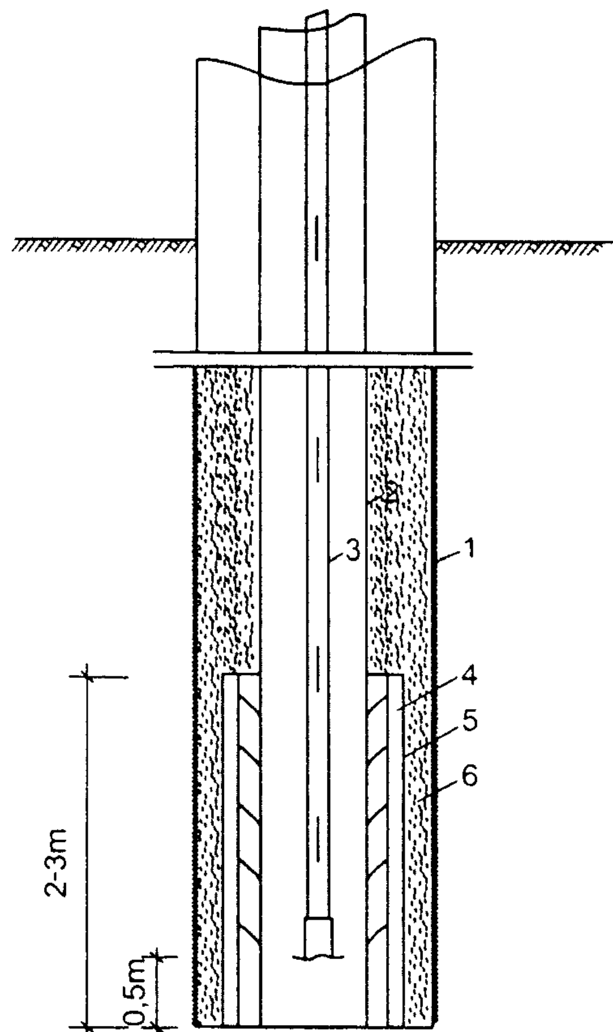
- Độ chắc của đất ở đáy hố móng bị giảm yếu vì do bị dòng chảy của nước xói mòn.

- Nếu mạch nước mạnh chảy thấm qua đáy hố móng sẽ cuốn theo đất đá ở đó lên làm tăng khối lượng đất phải đào và nguy hiểm hơn là làm yếu nền móng các công trình lân cận hố móng, gây lún nứt.

**2. Hạ mực nước ngầm bằng giếng lọc:**

Người ta khoan một loạt giếng lọc chung quanh hố đào và đặt các máy bơm hút nước. Mực nước ngầm ở đáy hố đào được hạ thấp cục bộ, thấp hơn đáy hố móng khoảng 0,5m đến 1,0m như vậy việc thi công đáy hố móng sẽ khô ráo.

Phương pháp này có hiệu quả cao khi đất nền là đất cát từ hạt nhỏ đến hạt thô có hệ số thấm trong khoảng giới hạn từ 1.0m đến 100m/ngày đêm, khi hệ số thấm của nền đất nhỏ hơn 1.0m/ngày đêm thì khối lượng nước hút được sẽ quá nhỏ và áp dụng phương pháp này để thi công cũng sẽ phức tạp và khó khăn và vì vậy nó trở nên không kinh tế.




*Hình 2.24. Giếng lọc có máy bơm hút sâu*
*1. Ống bao; 2. Ống giếng; 3. Ống bơm; 4. Lớp dây thép; 5. Lưới lọc; 6. Lớp cát lọc*

Nhược điểm của phương pháp này là có thể gây lún cho các công trình thuộc vùng chung quanh giếng lọc, do đó khi áp dụng phương pháp này cần phải tính toán chính xác khoảng cách các giếng, số lượng giếng, lưu lượng nước bơm, thời gian bơm để sao cho sự ảnh hưởng của việc hút nước ngầm tác động đến khu vực chung quanh là ít nhất. Về nguyên tắc thì nguyên

lý tính toán độ lún của đất nền trong trường hợp này cũng tương tự như tính toán mức độ cố kết của giếng cát thoát nước thẳng đứng.

Một nhược điểm nữa của phương pháp hạ nước ngầm bằng giếng lọc là tốn nhiều công trong việc thi công các giếng lọc nhất là những giếng có đường kính lớn, việc lắp ráp hệ thống lọc và lắp ráp máy bơm cũng như hệ thống ống hút ở dưới sâu khá phức tạp, máy bơm lại rất nhạy cảm khi nước có lẫn cát vì thế nếu hệ thống lọc không đảm bảo rất dễ làm hư hỏng máy bơm.

Thường thì giếng lọc không thu hồi được nên chỉ áp dụng ở những nơi lưu lượng nước lớn, thời gian sử dụng lâu nhưng không liên tục và mặt bằng thi công tương đối rộng rãi

**3. Hạ nước ngầm bằng ống kim lọc:**

Đây là phương pháp hút nông chiều sâu hạ nước ngầm không lớn khoảng 4 đến 5 m. Hệ thống ống kim lọc bao gồm những hàng ống lọc đường kính nhỏ bằng kim loại được cắm sâu xuống đất. hệ thống ống này được nối liền vào một ống góp hay còn gọi là ống tích thủy, ống này được nối với máy bơm.

Trạm bơm gồm có máy bơm nước ly tâm làm việc đồng thời với máy bơm chân không. Nguyên lý hoạt động của ống kim lọc tương tự như giếng lọc song việc triển khai và thu hồi nhanh do hệ thống ống kim lọc tự hạ xuống nền đất bằng nước cao áp mà không cần khoan.

Các kim lọc hoạt động theo một hệ thống nhất nên hiệu quả cao, ống kim lọc có thể đặt dầy nên có thể tạo thành một vành đai chặn nước ngầm chảy vào hố móng. Hệ thống ống kim lọc áp dụng khi hố đào cần ngăn nước liên tục nhưng lưu lượng nhỏ.

Hạ nước ngầm bằng hệ thống ống kim lọc khi hố móng sâu thì phải chia làm nhiều cấp, mỗi cấp bố trí một hệ thống riêng biệt.

Những công trình áp dụng biện pháp hạ nước ngầm bằng ống kim lọc giữ được cấu trúc nguyên dạng của nền đất và thời gian thi công nhanh nhưng cũng có nhược điểm tương tự như phương pháp giếng lọc là nếu lưu lượng nước hút nhiều và liên tục trong một thời gian dài thì có thể

gây lún cho các công trình lân cận. Vì thế đôi khi để giảm lún cho các công trình bên cạnh người ta đã kết hợp phương pháp hạ mực nước ngầm bằng ống kim lọc và phương pháp bơm nước lộ thiên, lúc đó mực nước ngầm phía ngoài hố móng không cần hạ nhiều.

Tuy vậy để hạn chế lún đối với các công trình bên cạnh do ảnh hưởng của việc hạ mực nước ngầm bằng ống kim lọc các chuyên gia đã đưa ra lời khuyên là thời gian hút nước phải là tối thiểu.

Việc hoạt động của hệ thống ống kim lọc chỉ chấm dứt khi đã hàn đáy tầng hầm và đã hoàn thành việc chống thấm cho tường hầm. Lúc này toàn bộ hệ thống ống kim lọc sẽ được thu hồi để tái sử dụng.

*a. Tính toán lưu lượng nước trong hệ thống ống kim lọc:*

Công thức tính toán áp dụng cho sơ đồ hình vòng khép kín:

$$Q = \frac{1.36(2H - S)SK}{\lg R - \lg\sqrt{\frac{F}{\pi}}} \ (m^3/sec)$$

Công thức áp dụng cho sơ đồ bố trí theo đường:

$$Q = \frac{(H^2 - h^2)lK}{R} \ (m^3/sec)$$

Trong đó:

Q - Lưu lượng nước trong hệ thống ống lim lọc tính theo $m^3$/sec. Người ta căn cứ vào Q để tính toán và chọn công suất mày bơm cho hệ thống;

H - Độ dày của lớp nước ngầm tính từ mũi ống kim lọc trở lên (m);

S - Cao trình của mực nước ngầm muốn hạ xuống (m);

h - Độ dày của lớp nước ngầm còn lại (m):

$$H = S + h$$

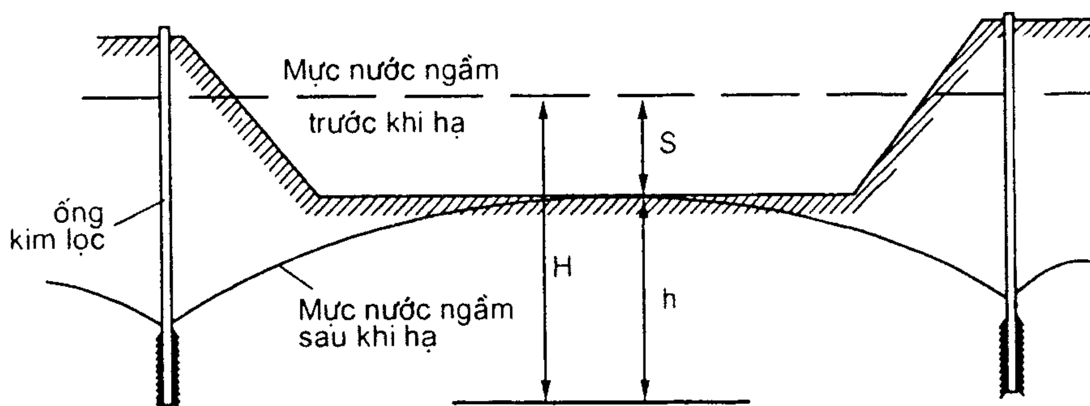
K - hệ số thấm của đất (m/ngày đêm);

R - Bán kính hoạt động của kim lọc (m) Theo Cusakin thì bán kính hoạt động của kim lọc được xác định theo công thức:

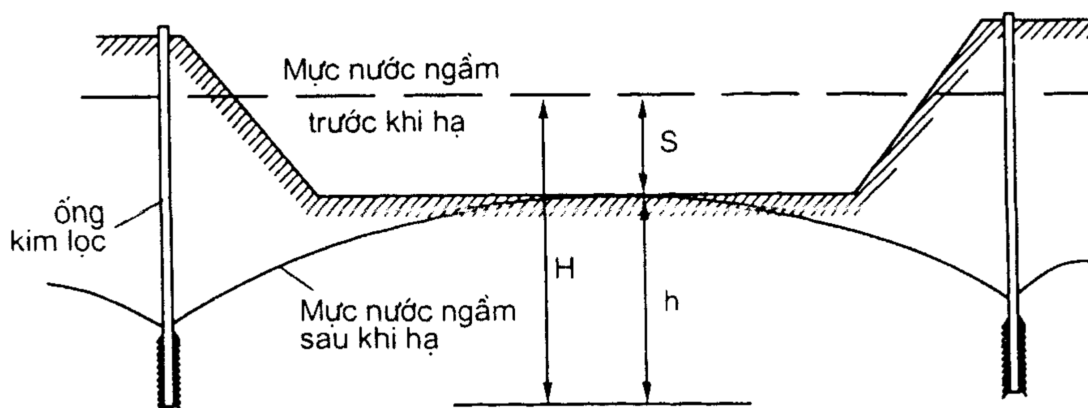
R = 575 SHK

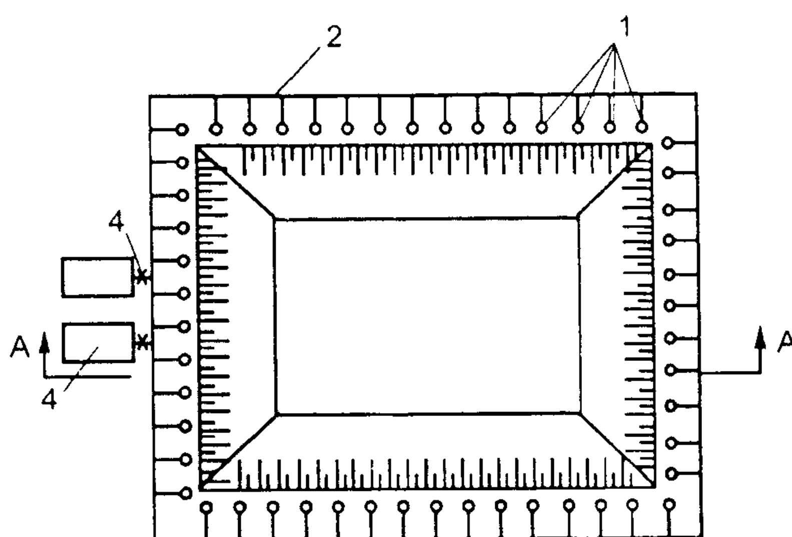
F - Diện tích vùng ảnh hưởng của hệ thống kim lọc ($m^2$);

$l$ - Chiều dài của đường chuỗi kim lọc (m).



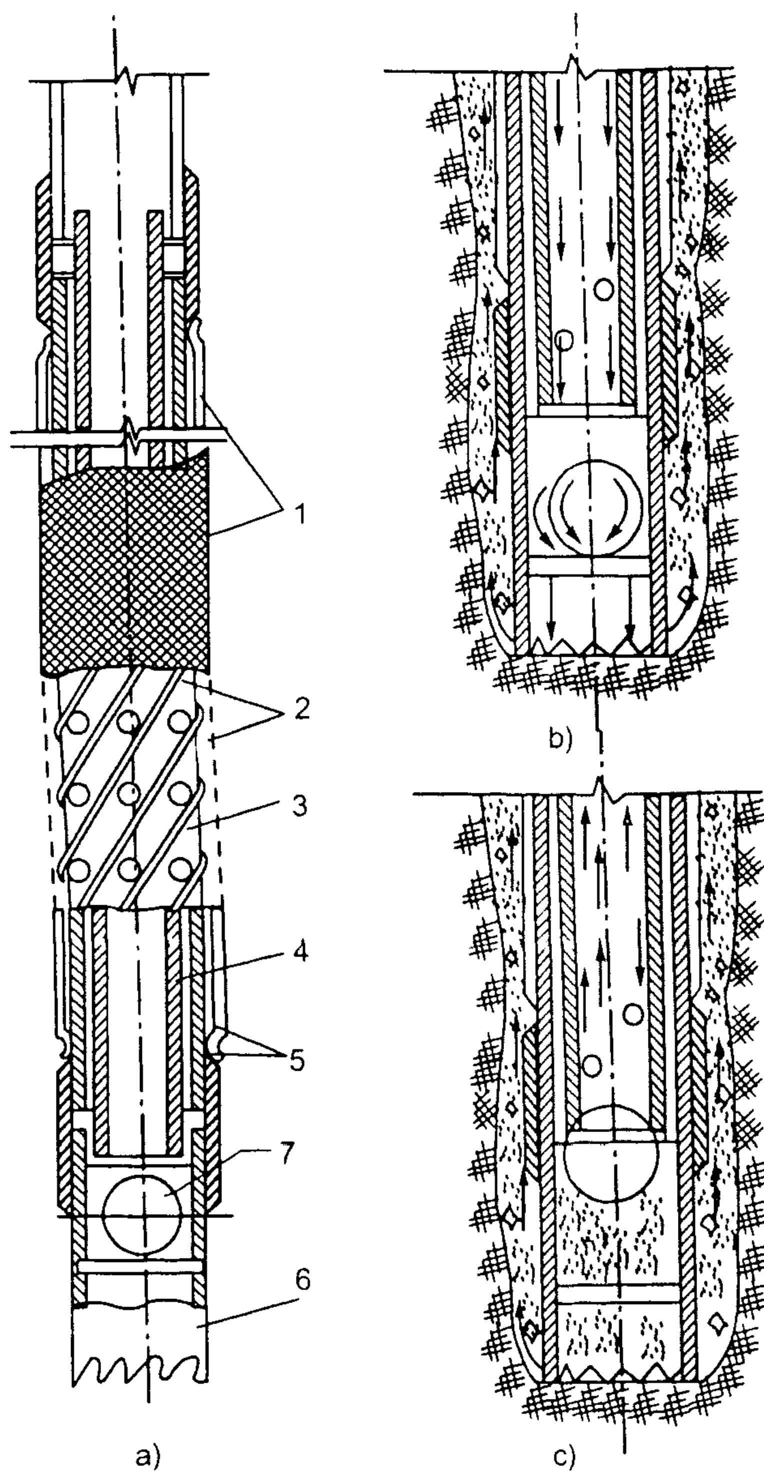

*Hình 1.25. Cách xác định H, h, S trong công thức*




***Hình 1.26.** Cách bố trí hệ thống ống kim lọc*

*1. Các ống kim lọc; 2. ống tích thủy; 3. Máy bơm; 4 Van đóng mở*




***Hình 1.27.*** *Đoạn ống thấm của ống kim lọc hút nông*

*a. Mặt cắt toàn bộ; b. Sơ đồ hoạt động của van khi hạ ống;*

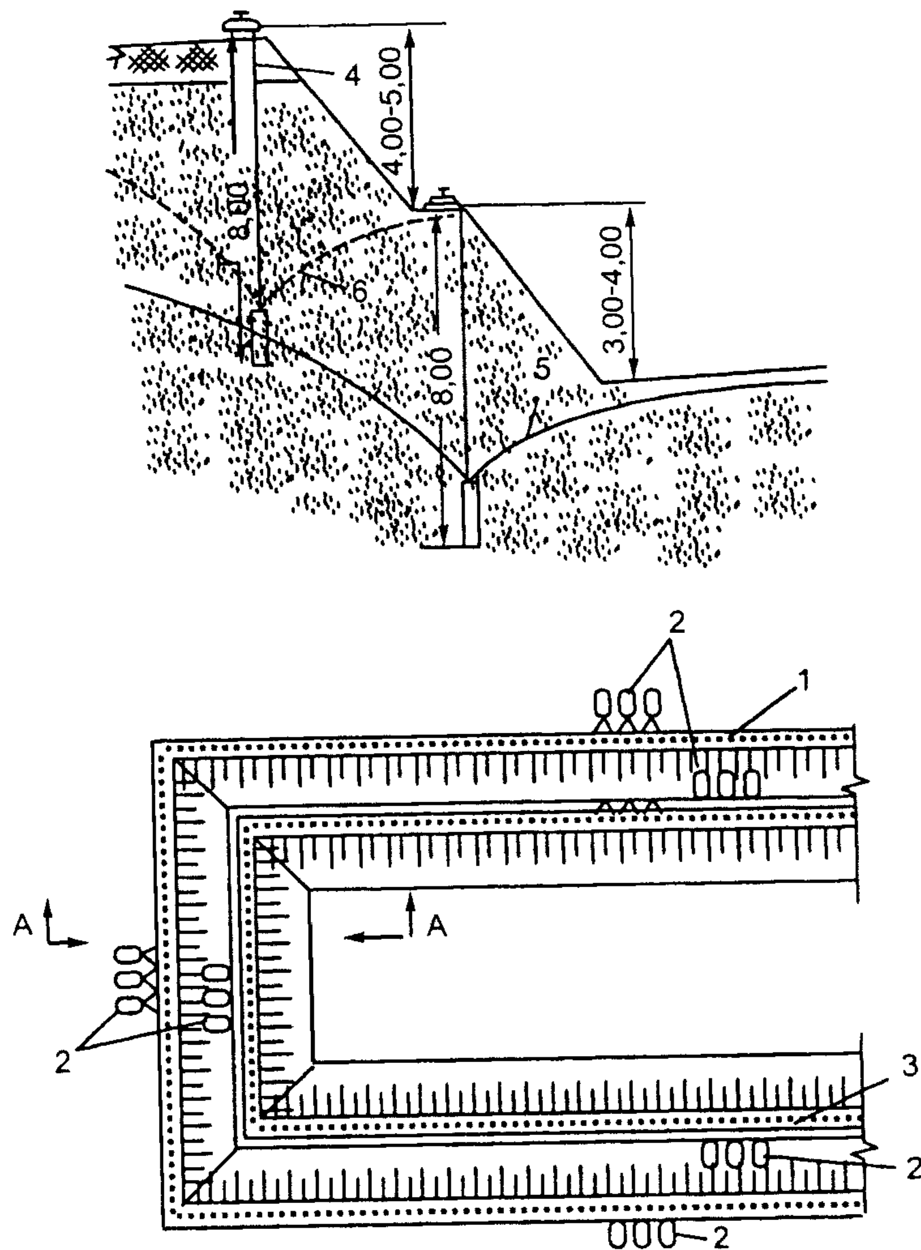
*c. Sơ đồ hoạt động của van khi hút nước ngầm*

1. Lưới lọc; 2. Cuộn dây; 3. Ống ngoài; 4. Ống trong

5. Lỗ ở phần dưới ống thu; 6. Mũi ống; 7. Van bi

***b. Ưu điểm của phương pháp hạ mực nước ngầm bằng hệ thống ống kim lọc:***

- Khi đào hố sâu các hạt đất nhỏ không bị nước cuốn đi vì cấu tạo các màn lưới lọc ở đầu ống kim lọc chỉ cho phép khí và nước lọt vào trong ống.




***Hình 1.28.*** *Cách bố trí hai tầng ống kim lọc*

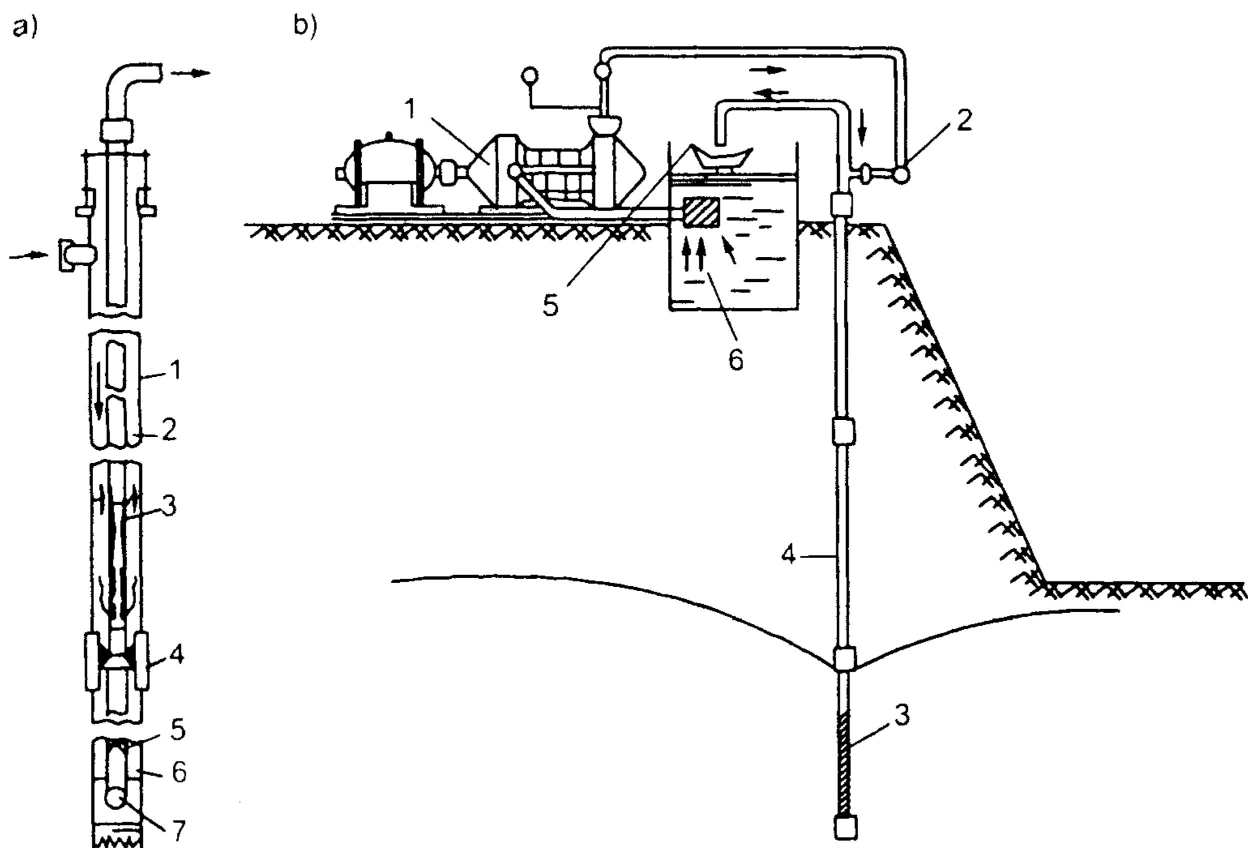
1. Ống tích thủy tầng thứ nhất; 2. Trạm bơm; 3. Ống tích thủy tầng thứ hai; 4. Mực nước ngầm bình thường; 5. Đường hạ mực nước khi hút tầng thứ hai; 6. Đường hạ mực nước khi hút tầng thứ nhất

- Do các bọt khí trong nền đất bị hút cùng nước nên độ rỗng trong đất giảm đi và do vậy khả năng chịu lực của nền đất hố móng được tăng cường.

- Ta luy của hố đào có thể làm dốc hơn bình thường nên khối lượng đất thi công có thể giảm.

- Thời gian thi công và giá thành trong nhiều trường hợp cũng giảm so với phương pháp hút nước lộ thiên.

- Đảm bảo cho các công trình lân cận ít bị lún.




***Hình 1.29.*** *Ống kim lọc hút sâu*

*a. Ống kim lọc hút sâu;*

1. Ống ngoài; 2. Ống trong; 3. Miệng phun

4. Khớp nối; 5. Ống lọc trong

6. Ống lọc ngoài; 7. Van bi

*b) Sơ đồ hoạt động*

1. Máy bơm; 2. Ống dẫn nước

3. Phần lọc; 4. Phần thân ống

5. Máng; 6. Bể chứa nước

Như trên đã nói đối với hố móng sâu có thể đặt nhiều tầng ống kim lọc, tuy nhiên khi đặt vài tầng ống kim lọc thì khối lượng công tác đất sẽ tăng lên rất nhiều vì phải làm thành nhiều đường cơ để đặt ống, đặt máy

và phục vụ thi công, mặt khác các tầng ống kim lọc này sẽ rất trở ngại cho việc thi công móng vì thế nếu cần phải hạ nước ngầm xuống tới 15m thì phương pháp đặt nhiều tầng ống kim lọc nói chung cũng không áp dụng được. Muốn hạ nước ngầm trong trường hợp này cần phải có những thiết bị đặc biệt như ống kim lọc có miệng phun hoặc các loại giếng lọc có máy bơm hút sâu.

**4. Hạ nước ngầm bằng phương pháp điện thấm:**

Trường hợp gặp nhiều đất thịt no nước, đất hạt bụi hoặc á sét thì phương pháp hạ nước bằng ống kim lọc thông thường sẽ không có hiệu quả do lưu lượng nước tập trung về ống kim lọc không lớn trong khi nước vẫn thâm nhập vào đáy hố đào. Vì vậy muốn làm khô hố móng các loại đất thịt chứa nước ngầm có hệ số thấm từ 1,0 đến 0,01m/ngày đem (tức là vào khoảng $10^{-3}$ đến $10^{-5}$ cm/sec) thì phải áp dụng phương pháp điện thấm.

Phương pháp này dựa trên nguyên lý là dưới tác động của dòng điện một chiều đi qua một vật ẩm (ở đây là đất) thì nước sẽ chuyển dịch về phía âm cực.

Dựa trên nguyên lý đó người ta trang bị thêm cho hệ thống ống kim lọc thông thường một động cơ máy phát điện một chiều có điện thế 50volt. Đấu các ống kim lọc cùng với ống tích thủy vào cực âm của nguồn điện một chiều tức là vào catốt. Song song với hàng ống kim lọc và cách nó khoảng 0,8m về phía hố móng người ta cắm những cọc thép (thường là các ống thép có đường kính khoảng 30 đến 40mm) các hàng cọc thép này có chiều dài gần bằng ống kim lọc và so le với các hàng ống các cọc được liên kết với nhau bằng thanh thép tròn đường kính 12 mm và đấu vào cực dương (a-nốt) của dòng điện một chiều.

Dưới tác dụng của dòng điện nước sẽ đi chuyển về phía các ống kim lọc.

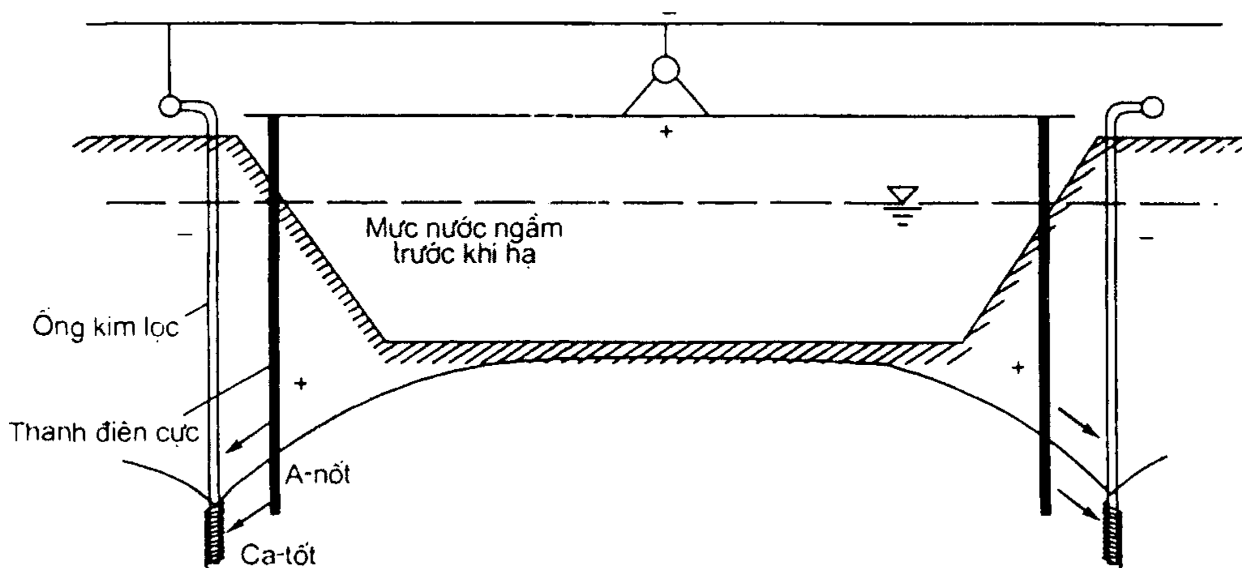
Năng lượng điện tiêu tốn để hút $1m^3$ nước trong hố móng khoảng 2 đến 10 kW giờ.

Thi công bằng phương pháp điện thấm thì nước từ hố móng sẽ chảy dồn ra chung quanh, mặt khác các thanh điện cực sẽ ngăn cản không cho nước từ các phía bên ngoài chảy vào hố móng.

*Ưu điểm của phương pháp điện thấm:*

Biện pháp điện thấm để hạ nước ngầm cũng có ưu điểm tương tự như phương pháp hạ nước ngầm bằng ống kim lọc tức là làm thoát nước trong các lỗ rỗng của nền đất và làm tăng cường độ của đất do đó làm tăng khả năng ổn định của thành hố đào.

Theo Casagrande hệ số điện thấm của cát mịn, cát bụi và sét được lấy bằng K = 0.5×10cm/s.




***Hình 1.30**. Sơ đồ hạ nước ngầm theo phương pháp điện thấm*

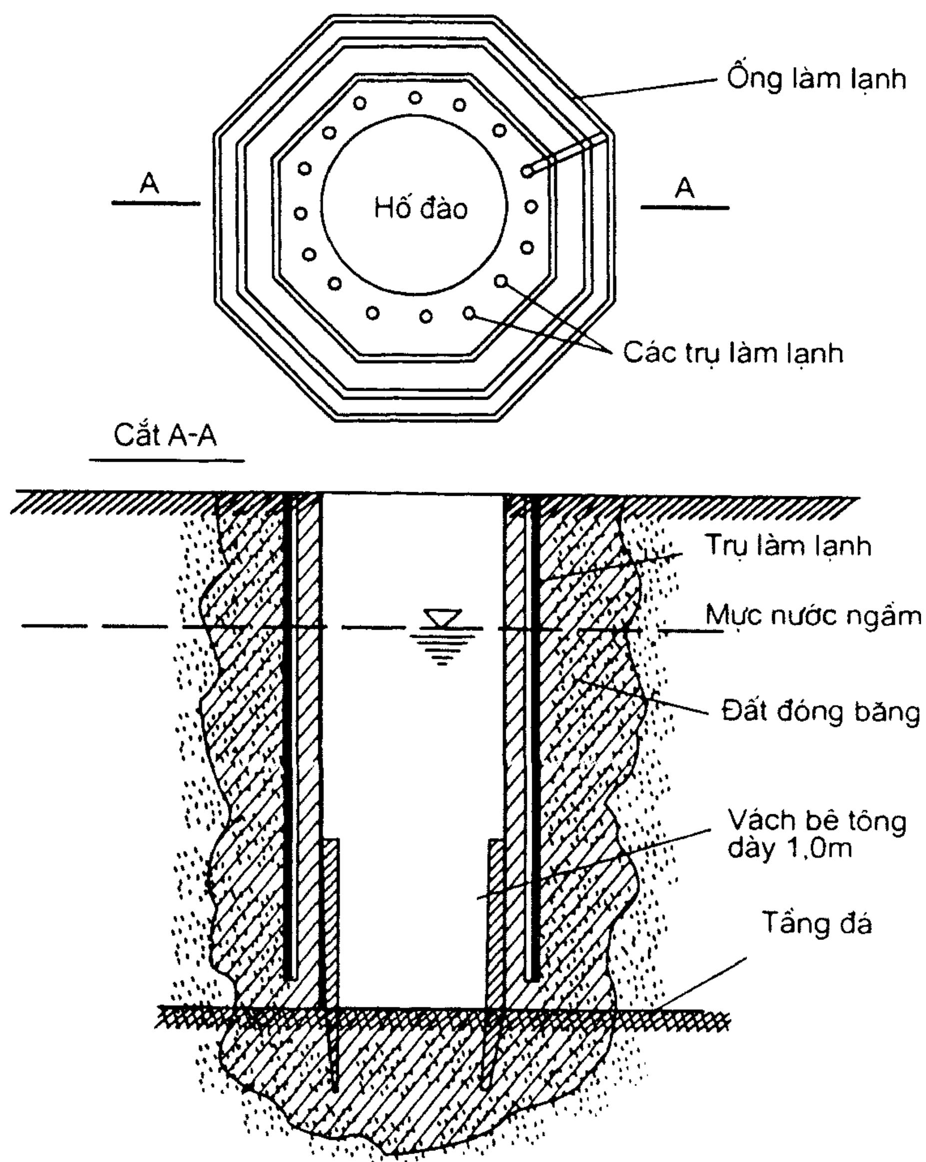
**5. Phương pháp đóng băng nhân tạo:**

Đây là một phương pháp thi công hiện đại, tiên tiến thường chỉ sử dụng trong một số trường hợp đặc biệt khó khăn mà các biện pháp thi công thông thường không thực hiện được, bằng cách làm lạnh đất nền xuống dưới 0°C như vậy người ta có thể tạo ra một bức tường chắn bằng khối băng có cường độ cao trong nền đất bão hòa nước, chiều dày của tường băng này tùy theo yêu cầu có thể dễ dàng thay đổi bằng cách tăng giảm các trụ làm lạnh.

***a. Công nghệ thi công:***

Đóng băng nhân tạo được thi công bằng cách đưa các ống thu nhiệt hay còn gọi là trụ làm lạnh, đường kính từ 100 đến 200mm theo chiều thẳng đứng xuyên xuống độ sâu thiết kế.

Khoảng cách giữa các ống thu nhiệt thường vào khoảng từ 1,0 đến 2,5m tùy theo loại đất, nhiệt độ của đất, nhiệt độ không khí và tốc độ làm lạnh yêu cầu.




*Hình 1.31. Sơ đồ hoạt động của phương pháp đóng băng nhân tạo*

Quá trình làm lạnh sẽ tạo ra bức tường băng được xác định bề dày theo công thức :

$$d = m\sqrt{T}$$

d - Bề dầy bức tường băng;

T - Thời gian thu nhiệt;

m - Hệ số được xác định theo lý thuyết truyền nhiệt, phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như loại đất, nhiệt độ...

Thông thường trong thực tế người ta thường tính toán với chiều dày của tường băng là từ 2.5 đến 3.0m

***b. Phạm vi ứng dụng của phương pháp đóng băng nhân tạo:***

Thường phương pháp này được sử dụng trong các trường hợp sau:

- Khi độ sâu hố đào lớn quá 20m vượt quá giới hạn của cọc cừ.

- Khi khó thi công cọc cừ xuyên qua các lớp đất bão hoà nước

- Khi việc hạ nước ngầm bằng các giải pháp thông thường quá đắt.

- Khi tốc độ dòng chảy của nước ngầm quá lớn vượt quá 200m/ngày đêm.

## II - CÁC BIỆN PHÁP THI CÔNG TƯỜNG HẦM:

Thực ra công nghệ thi công phần ngầm bao gồm phần thi công cọc và phần thi công tường nhưng vì phần II của cuốn sách này đã dành riêng cho cọc và thi công cọc các loại nên để khỏi lặp lại trong chương này chúng tôi chỉ trình bày các biện pháp thi công tường hầm.

Việc thi công tầng hầm luôn đi đôi với việc thi công đất vì tầng hầm nằm dưới đất, có rất nhiều giải pháp thi công tầng hầm nhưng phổ biến hơn cả là các biện pháp thi công sau đây

**1. Phương pháp đào đất trước rồi thi công nhà từ dưới lên:**

Đây là phương pháp cổ điển và rất phổ biến được áp dụng khi chiều sâu hố đào không lớn

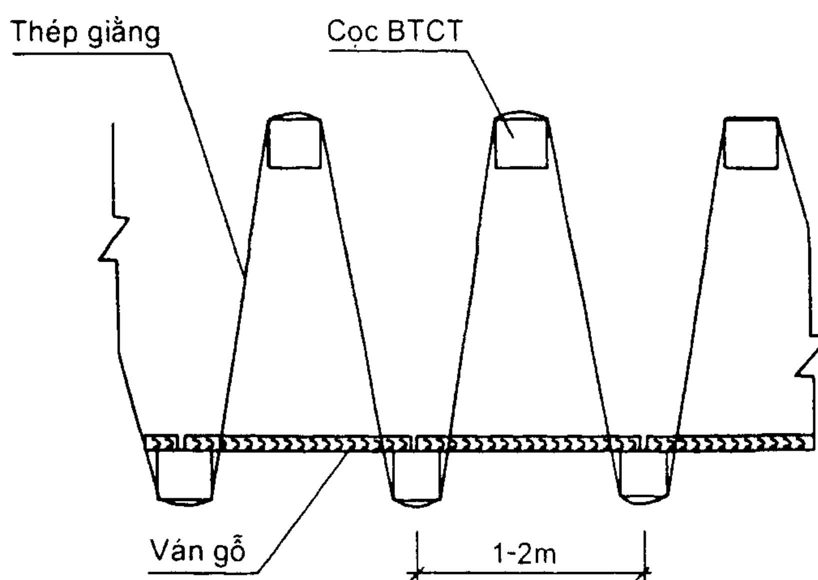
Theo phương pháp này thì toàn bộ hố đào được đào đến độ sâu đặt móng, có thể dùng thủ công hay cơ giới tùy thuộc vào độ sâu hố đào, tình hình địa chất thủy văn, khối lượng đất cần đào, khả năng cung cấp máy móc thiết bị và nhân lực của đơn vị thi công. Sau khi đào xong người ta tiến hành làm nhà theo trình tự thông thường từ dưới lên trên.

Thi công theo phương pháp này thường gây ra mất ổn định thành hố đào.

Hiện tượng mất ổn định thành hố đào là do trạng thái cân bằng của nền đất bị phá vỡ. Khi đất nền ổn định tại một điểm trong lòng đất tồn tại

các giá trị ứng suất theo 3 phương x, y, z. Khi đào đất thành phần ứng suất ở thành hố đào theo phương ngang bị triệt tiêu, do vậy mất đi sự cân bằng ban đầu và lúc này xuất hiện các mặt trượt đẩy đất vào phía trong hố đào. Nếu cạnh hố đào còn có các tải trọng khác chẳng hạn như các công trình có sẵn hoặc thiết bị máy móc thi công thì giá trị dịch chuyển này sẽ tăng lên.

Nếu hố đào được bảo vệ bằng tường cừ đất sẽ tác dụng lên tường cừ một áp lực, dưới tác dụng của áp lực này tường cừ sẽ bị dịch chuyển, giá trị dịch chuyển ngang của tường cừ phụ thuộc và nhiều yếu tố và quan trọng nhất là chiều sâu của hố đào, độ cứng của tường cừ, chất lượng đất nền, thời gian đào đất trong hố, cách bố trí và thời gian lắp đặt hệ chống đỡ.

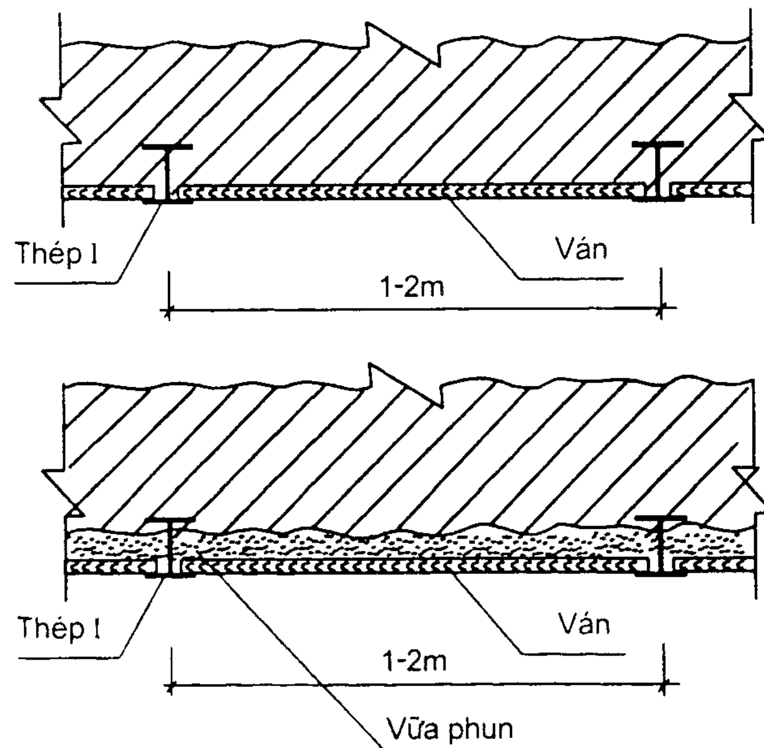



***Hình 1.32.*** *Tường chắn sử dụng cọc bê tông cốt thép ván gỗ và thanh giằng*

Chuyển vị ngang của tường cừ gây ra hiện tượng lún sụt vùng đất chung quanh hố đào, vì vậy việc sử dụng tường cừ để bảo vệ hố đào cần phải được tính toán và thiết kế đầy đủ. Nội dung chính trong việc tính toán và thiết kế tường cừ là xác định độ ổn định của tường cừ, thực chất là phải xác định chiều dài của các tấm cừ, chiều sâu của cừ ngàm trong đất, độ cứng của cừ và tính toán các thiết bị chống hoặc neo.

Người ta cũng có thể thay thế tường cừ bằng các cọc bê tông hoặc cọc thép đóng thưa sau đó ghép ván hoặc phun vữa bê tông giữa 2 cọc để

giữ đất, dùng cọc khoan nhồi khoan liền nhau tạo thành vách để ổn định thành hố đào.




*Hình 1.33. Tường chắn sử dụng cọc thép và ván gỗ hoặc tấm bê tông đúc sẵn*

***a. Ưu khuyết điểm của phương pháp :***

- Ưu điểm:

+ Thi công đơn giản

+ Độ chính xác cao

+ Giải pháp kiến trúc và kết cấu không phức tạp vì việc xây dựng phần ngầm cũng tương tự như phần nổi của nhà

+ Xử lý chống thấm và lắp đặt mạng lưới kỹ thuật dễ dàng.

+ Làm khô hố móng để thi công cũng không có gì phức tạp.

- Nhược điểm:

+ Khi chiều sâu hố móng lớn đặc biệt nếu lớp đất bề mặt yếu thì rất khó khăn trong thi công.

+ Nếu không dùng tường cừ thì yêu cầu mặt bằng phải rất lớn mới đủ để mở rộng ta luy cho hố đào, mặt khác xét về thời gian thi công cũng bất lợi vì thi công thường kéo dài bị ảnh hưởng nhiều bởi các yếu tố thời tiết.

+ Nhược điểm quan trọng nhất của phương pháp này là rất dễ gây lún nứt, nguy hiểm cho các công trình lân cận, nhất là trong thành phố đối với các công trình xây chen.

*b. Phạm vi ứng dụng của phương pháp:*

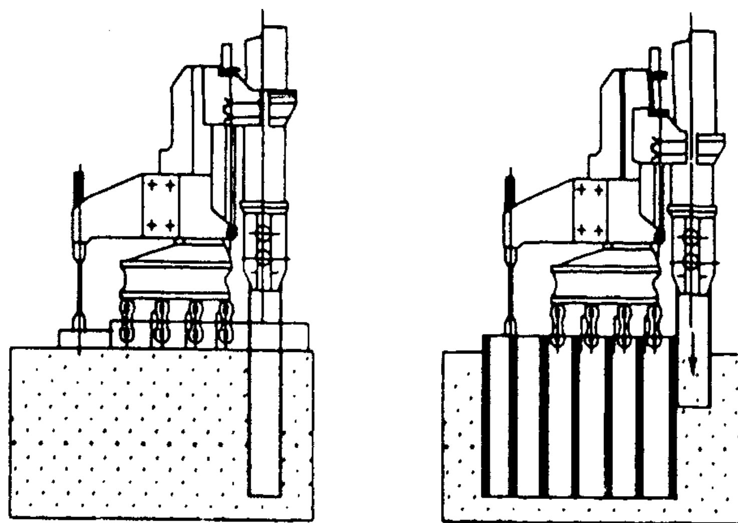
Người ta đã tổng kết việc thi công phần ngầm theo phương pháp cổ điển tức là đào đất trước rồi thi công từ dưới lên và đã rút ra kết luận là:

+ Đào đất theo độ dốc tự nhiên chỉ nên áp dụng khi hố đào không sâu, với đất dính (đất có góc ma sát trong lớn), có mặt bằng thi công rộng rãi.

+ Dùng cán cừ không chống hoặc neo:

- Sử dụng một đợt ván cừ, khi hố đào nông và ván cừ đủ dài

- Sử dụng nhiều đợt, khi hố đào sâu ván cừ không đủ dài, công trình có yêu cầu mở rộng bên trên để dễ thi công hoặc thi công đào đất thủ công.

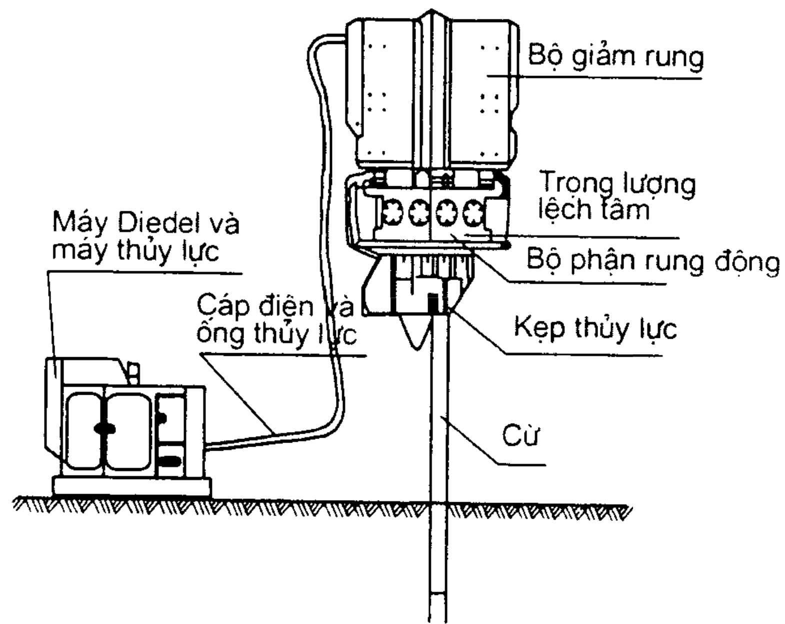


***Hình 1.34.** Thi công hạ cừ bằng máy thủy lực*

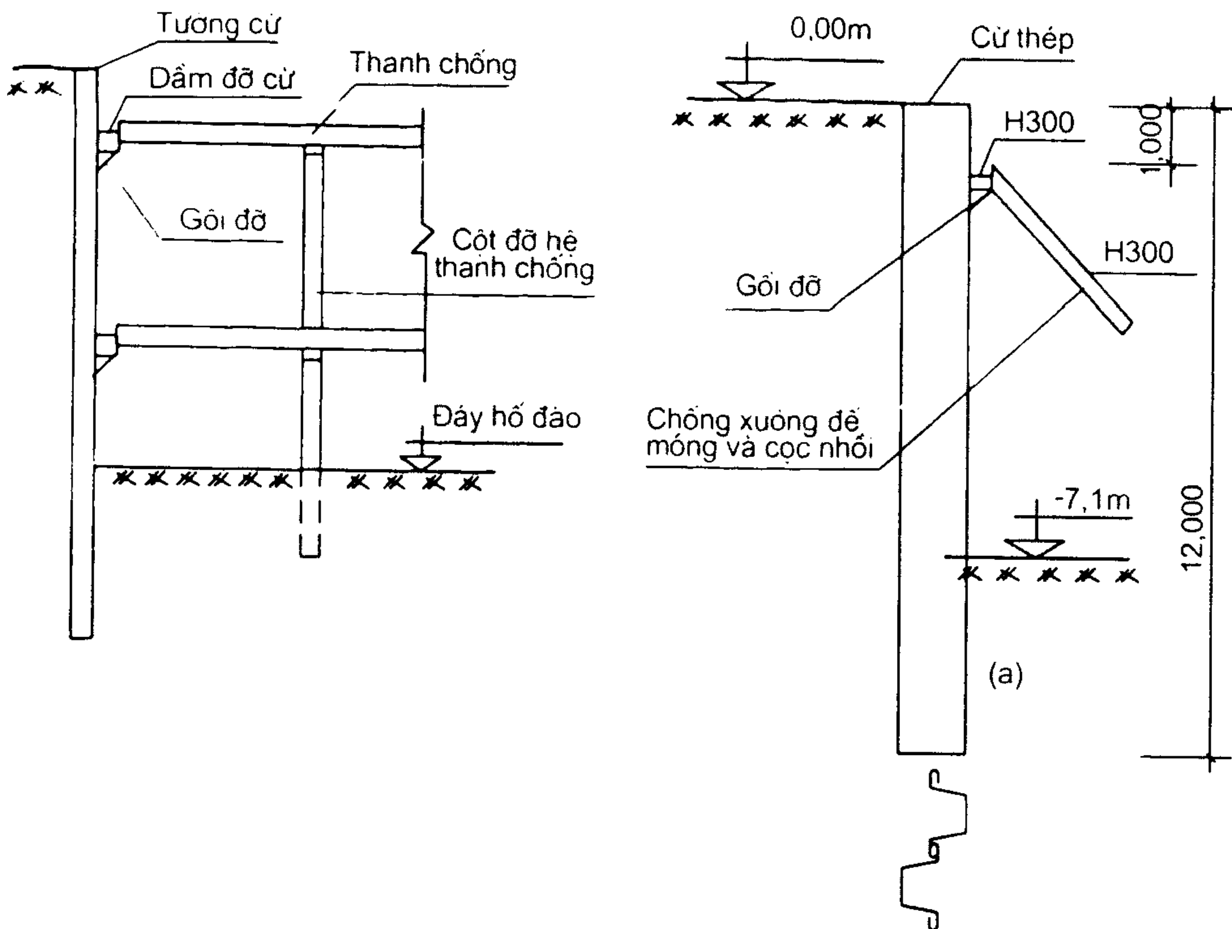
+ Ván cừ có chống hoặc neo: Trường hợp vách đất thẳng đứng và áp lực đất vào tường cừ lớn.

- Dùng chống trong trường hợp hệ chống ít ảnh hưởng đến việc thi công phần ngầm.

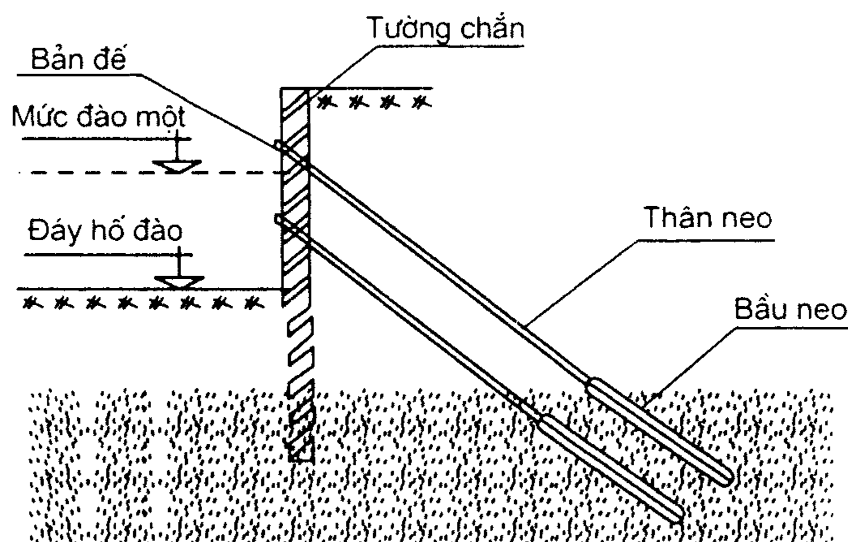
- Dùng neo trong trường hợp chiều sâu hố móng lớn, tương cừ dễ mất ổn định và yêu cầu thủ công đòi hỏi phải có một mặt bằng thoáng ít bị cản trở.




*Hình 1.35. Thi công hạ cừ bằng máy ép rung*




*Hình 1.36. Tường chắn và hệ chống trong hố đào*




*Hình 1.37. Tường chắn và hệ neo trong đất*

**2. Phương pháp thi công tường hầm nhà làm tường chắn đất:**

Đây là một công nghệ thi công tường trong đất.

Trước khi thi công đào đất người ta tiến hành thi công phần tường bao của tầng hầm trước, sau đó mới đào đất trong lòng tường bao này đến đáy của tầng hầm.

Trường hợp móng của công trình là cọc khoan nhồi thì người ta cũng tiến hành thi công cọc khoan nhồi đồng thời với thi công tường bao.

Phương pháp này không đòi hỏi phải có tường chắn hay các hàng cừ để giữ vách hố đào, tuy nhiên điều kiện để áp dụng phương pháp này là công trình phải thiết kế để tường bao tầng hầm chịu được tải trọng áp lực đất và phải áp dụng công nghệ thi công cọc barrette.

Về công nghệ thi công cọc barrette xin xem chương IV phần II của cuốn sách này.

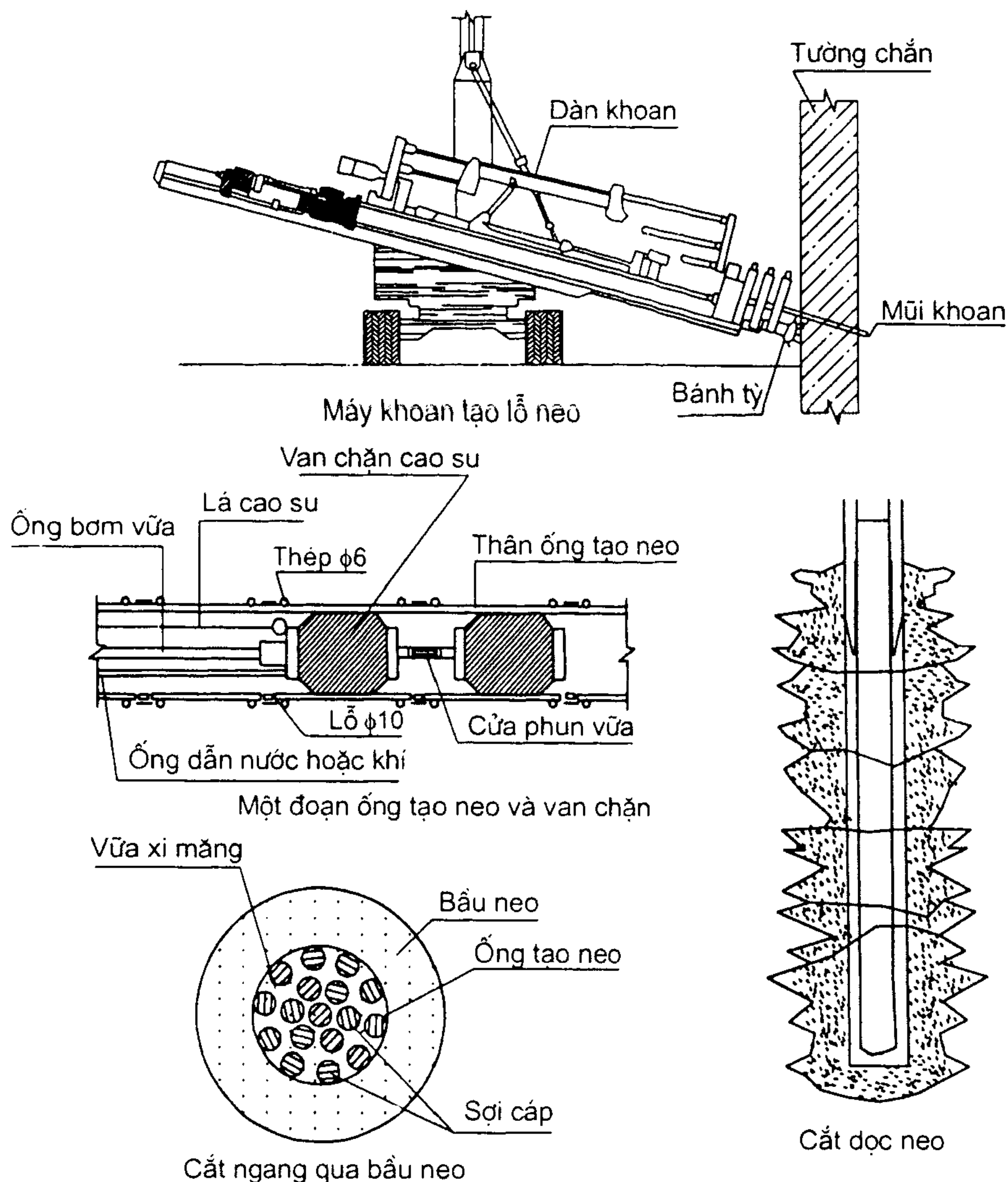
Vì lực tác dụng của đất lên tường bao rất lớn nên để ổn định cho tường bao người ta thường áp dụng các giải pháp sau đây:

- Dùng hệ dầm và cột chống văng giữa các tường đối diện hệ dầm này thường làm bằng thép hình gồm các xà ngang, dầm văng và cột chống. áp lực đất truyền lên tường, tường truyền lên dầm văng. Cột có nhiệm vụ giữ cho dầm văng ổn định.

Phương pháp này đơn giản, tốn vật liệu làm dầm, xà ngang, cột chống tuy nhiên sau khi sử dụng ta có thể thu hồi để tái sử dụng 100%.

Nhược điểm của phương pháp này là chiếm không gian trong hố đào, đặc biệt là khi chiều ngang công trình lớn thì hệ chống văng trở nên rất phức tạp ảnh hưởng lớn đến thi công.

- Dùng neo giữ tường: Phương pháp này áp dụng đối với công trình có mặt bằng lớn, hố móng sâu và yêu cầu thi công cần một không gian rộng rãi trong hố đào. Neo có thể ngay trên mặt đất hoặc neo ngầm, có thể một hoặc nhiều lớp neo. Khi đào đất đến đâu người ta khoan qua tường để chôn neo sâu vào lòng đất, khi neo chắc người ta dùng kích để kéo căng các sợi cáp neo và cố định neo vào tường (hình 1-38)




*Hình 1.38. Thiết bị thi công neo bằng công nghệ bơm phụt vữa xi măng*

Với phương pháp này tường được giữ bằng các cáp neo ứng lực trước nên hầu như ổn định hoàn toàn, bầu neo và ống tạo neo được bao bọc bởi một lớp vữa bê tông bảo vệ nên sử dụng được lâu dài.

Cả 2 trường hợp neo và chống đều thi công song song với đào đất, đào đến đâu đặt neo và dựng chống đến đó. Với cách làm như vậy tường bao hầm như không chuyển vị, áp lực đất tác dụng lên tường là áp lực tĩnh.

**3. Phương pháp thi công từ trên xuống:**

Để khắc phục tình trạng thi công công trình bị kéo dài người ta đã đưa ra phương pháp thi công vừa làm tầng hầm theo cách làm từ trên xuống vừa đồng thời phải làm phần thân nhà từ dưới lên, lấy mặt đất làm mốc khởi hành vừa đi lên trên, vừa tiến xuống dưới đó là bản chất của phương pháp top - down

Trình tự thi công như sau:

- *Bước 1*: Thi công tường trong đất và cọc khoan nhồi trước, như trong phương pháp thi công tường nhà làm tường chắn đất

- *Bước 2*: Đổ bê tông sàn trệt ngay trên mặt đất tự nhiên, sàn tầng trệt được tỳ lên tường trong đất và cột tầng hầm

Người ta lợi dụng lỗ cầu thang máy, cầu thang bộ, giếng trời để làm cửa đào đất và vận chuyển đất lên, đồng thời để thông gió chiếu sáng cho việc đào đất và thi công các tầng dưới.

Khi bê tông đạt cường độ yêu cầu người ta tiến hành đào đất qua các lỗ sàn cho đến cốt của sàn tầng -1, dừng lại để đặt cốt thép, đổ bê tông.

Đồng thời với việc thi công các tầng hầm người ta tiến hành thi công phần thân từ dưới lên.

Khi thi công đến sàn tầng dưới cùng người ta tiến hành đổ bê tông đáy tầng hầm liền với đầu cọc khoan nhồi. Đó cũng là phần bản móng của nhà, bản này làm nhiệm vụ chống thấm và chịu lực đẩy nổi Archimet.

+ Ưu điểm của phương pháp thi công từ trên xuống:

- Tiến độ thi công nhanh do tiến hành song song phần thân và phần ngầm.

- Chống vách đất được giải quyết triệt để vì tường trong đất và các hệ kết cấu công trình có độ bền và ổn định cao, không phải chi phí cho các hệ thống chống phụ.

- Không tốn hệ thống giáo chống, cốp pha cho kết cấu dầm sàn tầng hầm vì sàn thi công ngay trên mặt đất.

+ Nhược điểm:

- Kết cấu cột tầng hầm phức tạp

- Khi thi công rất khó khăn trong liên kết giữa dầm sàn với cột tường ở tầng hầm.

- Thi công đào đất trong không gian kín trong tầng hầm rất chật chội và khó cơ giới hóa.

- Điều kiện thi công trong hầm kín ảnh hưởng nhiều đến sức khỏe và năng suất của công nhân và đòi hỏi nhất thiết phải có hệ thống thông gió và chiếu sáng nhân tạo đảm bảo.

## III. CÁC GIẢI PHÁP CHỐNG THẤM CHO TẦNG HẦM

Đối với các công trình ngầm nói chung hoặc các tầng hầm nói riêng của nhà cao tầng được xây dựng bằng bê tông cốt thép hay bằng gạch thì việc chống thấm chống rò rỉ cho tường của công trình là một việc làm vô cùng quan trọng.

Chống thấm cho công trình tức là phải thực hiện công việc sao cho trong quá trình sử dụng đảm bảo công trình không bị thấm nước, không bị ẩm ướt tường, không bị mốc, không bị sùi bong vữa trát....việc chống thấm tốn rất nhiều thời gian, công sức và tiền của.

Như đã trình bày ở chương trên tầng hầm có nhiều cách thi công,ứng với các biện pháp thi công đó công nghệ chống thấm cho phần ngầm cũng có nhiều phương pháp khác nhau:

### 1. Chống thấm cho tầng hầm thi công từ dưới lên theo phương pháp cổ điển:

Đây là phương pháp đào đất trước rồi thi công từ dưới lên, đối với những công trình loại này việc thi công chống thấm tương đối dễ dàng vì

ta có thể chống thấm cho cả 2 mặt tường, điều kiện và mặt bằng thi công cũng thuận lợi, mặt khác các vật liệu chống thấm cho loại này cũng nhiều, đa dạng và chất lượng tốt.

Các loại vật liệu chống thấm cho dạng công trình này bao gồm:

+ *SIKA TOP-141*: dùng làm phụ gia chống thấm cho bể bơi, cho các công trình dưới nước ngầm như tầng hầm nhà, bể chứa, trạm lọc nước.....

Cách sử dụng như sau: Cho dung dịch chống thấm từ bi-tum cùng với xi măng và phụ gia trộn đều, để khoảng 10 phút sau là có thể dùng được.

Phải làm sạch tường rồi dùng bàn chải hoặc chổi lăn quét lên tường ít nhất là 2 lớp, mỗi lớp cách nhau 6 giờ.Phải tránh nắng mưa và gió.

Nếu nhiệt độ ngoài trời ≥ 20°C và độ ẩm ≤ 60% thì sau ít nhất một tuần công trình có thể sử dụng được.

Khi nhiệt độ ngoài trời < 15°C và độ ẩm không khí lên đến 90% thì phải sau 15 ngày.

Phải thi công nhanh, thời gian thi công mỗi lần trộn dung dịch không được kéo dài quá một giờ và trong quá trình thi công nhiệt độ thấp nhất phải ≥ 5°C.

+ *SIKA - 110HD* được dùng để chống thấm cho tường tầng hầm chống rò rỉ và các kết cấu có tiếp xúc với muối.

Thành phần gồm có:

Xi măng + than silic

trọng lượng riêng 2,1kg/$dm^3$

Cường độ chịu nén sau 28 ngày đạt 50-60N/$mm^2$

Cường độ chịu uốn 8-10N/$mm^2$

Độ dính bám vào bê tông 2-3N/$mm^2$

Nhiệt độ khí trời khi thi công phải đạt tối thiểu là 5°C.

Loại này thi công và sửa chữa dễ dàng, chịu được băng giá. Cách làm như sau:

Dùng bay phết mỏng hoặc dùng máy phun phun 2 lớp, mỗi lớp có chiều dầy từ 1,5 đến 2,5mm.

Cũng như SIKA TOP-141 sau khi phun hoặc trát phải bảo vệ để tránh mưa nắng, gió tuyết

Lượng chi phí vật liệu cần thiết cho $1m^2$ công trình:

- Kết cấu dưới mực nước ngầm ≤ 1m cần từ 4 đến 6 kg;

- Kết cấu dưới mực nước ngầm >1m cần từ 6 đến 8 kg;

- Kết cấu trên mực nước ngầm có yêu cầu chống ẩm cao cần từ 3 đến 4 kg.

+ *IGOLATEX&SIKA FONDATION B:*

Đây là loại vật liệu chống thấm cho tầng hầm xây bằng gạch thường hoặc gạch bê tông. IGOLATEX chế tạo từ bitum kết hợp với các loại sợi tổng hợp tạo thành một dung dịch bền vững chịu được lạnh và các tạp chất hóa học như acid loãng, nước thải, cũng như các chất có cồn. Tuy nhiên loại này cần tránh không cho tiếp xúc với hydrocarbon.

Chiều dày lớp bảo vệ từ 3 đến 4mm được quét làm 2 lớp cách nhau 5 ngày.

Trong 24 giờ đầu vữa không được tiếp xúc với nước hoặc sương mù, vì thế để cho vữa nhanh khô người ta có thể dùng quạt điện SIKA FONDATION B thi công cũng tương tự, loại này đã được đóng thành bao 25 kg. Ở công trường mỗi bao được trộn đều với 5 lít nước.

Thời gian đông kết của loại vữa này tương đối nhanh:

Nếu t ≥ 30°C vữa sẽ khô sau 5 giờ 30 phút;

Nếu t khoảng 20°C vữa sẽ khô sau 2 ngày;

nếu t khoảng 5°C vữa sẽ khô sau 7 ngày.

Sau khi vữa khô có thể tiến hành lấp đất ngay. Loại vữa này không độc hại và dễ thi công.

**2. Chống thấm cho tường trong đất**

Khi xây dựng các công trình ngầm theo công nghệ thi công tường trong đất thì vấn đề chống thấm có ý nghĩa sống còn.

Để làm lớp ngăn cách cho tường thường người ta sử dụng bê tông phun hoặc vật liệu được chế tạo từ bitum, tuy nhiên theo kinh nghiệm đã đúc kết thì cách tốt nhất và tin cậy nhất đối với tường trong đất để ngăn cách nước là tạo ra một lớp đất sau tường được keo hóa bằng vữa sét siêu mịn.

Sự tác động tương hỗ của các hạt sét lơ lửng trong nước với các hạt đất sẽ phát sinh sự liên kết về mặt hóa lý, vữa sét thấm vào trong lỗ rỗng và khe nứt của đất tạo nên một màng keo dày từ 2 đến 5mm. Trong quá trình xâm nhập của vữa vào đất tốc độ chuyển động của vữa giảm dần và đến một độ sâu nào đó thì ngừng hẳn khi vữa ở trạng thái tĩnh sẽ tạo nên trong lỗ rỗng của đất một cấu trúc mới là keo còn ở trên mặt đất một màng sét. Sự tác động tương hỗ này được gọi là keo hóa.

Chiều dày của lớp đất được kéo hóa phụ thuộc vào chiều sâu hố đào, các đặc tính cơ lý của đất và độ keo mịn của vữa.

Thí dụ như ở độ sâu 3m từ mặt trên của vữa trong hố đào không có nước ngầm chiều dày lớp keo hóa trong cuội sỏi đạt đến 1,5m còn ở trong cát thì chỉ khoảng 8cm.

Hệ số thấm của cuội sỏi $K_S = 10^{-1}$ cm/sec, sau khi xử lý keo hóa hệ số thấm giảm xuống đến $3,24 \times 10^{-6}$ cm/s có nghĩa là lớp cuội sỏi này coi như không thấm nước.

Tính chất của đất và sét sau khi đã được keo hóa phụ thuộc trước tiên vào tính chất keo mịn của vật liệu.

Đối với vữa keo mịn có chất lượng cao các hạt sét sẽ khuyếch tán ép chặt vào nhau và giữa chúng tạo nên sự liên kết keo bền và hoàn toàn không có nước tự do. Các lỗ rỗng cảu đất sẽ được lấp đầy bằng keo của vữa sét và thực tế là đã tạo nên một lớp chống thấm rất tốt từ đất được keo hóa.

Theo nghiên cứu của các nhà khoa học Nga thì việc keo hóa lớp đất sau tường tại nhiều công trình cho kết quả rất khả quan: Người ta dùng bentonite loại $\gamma = 1,1 g/cm^3$ để thi công tường trong đất ở ngoại ô Mockba, sau đó lấy mẫu đất đã được keo hóa để kiểm tra. mẫu lấy ở độ sâu từ 6,5

đến 6,7m lớp keo hóa dày 9cm. Đất cát bụi có d = 0,005 mm chiếm 45% còn lại là cát hạt trung. Lớp màng sét tạo thành trên bề mặt đất hố đào là từ 3 đến 4mm.

Hệ số chống thấm của màng sét đạt đến $2 \times 10^{-9}$ cm/s. Rõ ràng là với kết quả trên thì lớp đất keo hóa và màng sét này hoàn toàn đảm bảo chống thấm cho tường trong đất và thực tế kiểm tra thấy rằng tường không bị thấm.

Để tận dụng tối đa khả năng của sét chống thấm nhằm tăng hiệu quả của phương pháp người ta đã áp dụng các cách sau đây:

a. *Giải pháp cơ khí*: Giải pháp này chủ yếu là làm khuyếch tán tối đa vữa sét mịn thành các hạt nhỏ nhất làm cho chúng có khả năng chống thấm cao, nâng cao độ keo hóa và làm sạch vữa khỏi các tạp chất.

b. *Giải pháp dùng siêu âm*: Thực chất là tác động vào vữa sét mịn các giao động đàn hồi để tạo ra các bọt khí nhỏ. Các bot này sẽ tạo ra các áp lực lớn trong quá trình keo hóa nhằm tăng cường độ của các quá trình lý hoá và tạo nên các cấu trúc ổn định tối đa.

c. *Giải pháp hóa học*: Đưa vào dung dịch một số nhóm hóa chất sau:

- Nhóm hóa chất tạo màng (chất điện phân kiềm);

- Nhóm hóa chất ổn định (các hóa chất hoạt tính bề mặt, các loại keo bảo vệ và ngăn nước...).

Các hóa chất này hấp thụ lên bề mặt của các hạt sét, tạo nên chung quanh chúng một màng chắn cơ học ngăn cách sự xâm thực của các hạt sét.

Tường trong đất thường là tường của các tầng hầm, vì vậy ngoài việc tạo lớp ngăn nước phía ngoài tường bằng lớp sét keo hoá chất lượng cao người ta còn phải xử lý phía trong tường bằng các loại vữa chống thấm thông thường

**3. Chống thấm cho tường trong đất được xây dựng bằng các tấm cấu kiện lắp ghép:**

Công nghệ thi công tường trong đất có thể là bê tông đổ toàn khối mà cũng có thể lắp ghép bằng các tấm panen đúc sẵn.

Loại tường lắp ghép này khi thi công cũng vẫn phải trải qua các giai đoạn đào hào, dùng bentonite để giữ thành hố đào sau đó các tấm panen được đưa xuống hào lắp ghép lại với nhau.

Việc chống thấm cho loại tường này phải giải quyết 2 vấn đề:

- Chống thấm cho các tấm panen
- Chống thấm cho các mốc nối

***a. Chống thấm cho các tấm panen:***

Vấn đề này hiện nay không có gì khó khăn do bản thân từng cấu kiện đã có khả năng chống thấm cao vì chúng được sản xuất tại các nhà máy theo một quy trình hiện đại, hơn nữa người ta có thể sử dụng vật liệu chất lượng cao và các lớp sơn lót chống thấm đặc biệt

***b. Chống thấm cho các mối nối:***

Đây là một vấn đề phức tạp và đặc biệt quan trọng vì thế việc nghiên cứu các giải pháp hợp lý là một công việc rất được quan tâm.

Biện pháp thường dùng là toàn khối hoá các mối nối bằng một loại vữa hỗn hợp chậm đông kết, yêu cầu của loại vữa này là phải ở trạng thái lỏng trong vòng từ 1 đến 2 ngày, tính chống thấm và độ bền của vữa đã đông cứng không được nhỏ hơn đất quanh tường hoặc đất mà tường tựa lên. Ngoài ra vữa nằm trong khe giữa hào và tường sau khi đông cứng có độ bền không quá lớn gây khó khăn cho việc làm sạch mặt các cấu kiện lắp ghép sau khi đã đào đất để xây dựng tầng hầm.

Việc nối các panen và lấp đầy khoảng trống giữa chúng với nhau, giữa chúng và vách hào bằng vữa hỗn hợp có thể được thực hiện bằng 3 phương pháp:

- Phương pháp thay một phần vữa sét để đào hào(bentonite) bằng vữa sét-xi măng-cát thông dụng.

Sau khi hạ vào trong hào các cấu kiện lắp ghép, điều chỉnh và cố định các tấm panen thì vữa sét-ximăng-cát sẽ chui vào lấp đầy khe hở giữa các tấm tường với nhau và giữa tấm tường với vách hào

- Phương pháp ép vữa sét - ximăng - cát qua ống vào các móc nối giữa các panen, giữa khe hở tường và vách hào.

Những ống để ép vữa này có thể đặt sẵn vào trong tấm tường khi chế tạo hoặc đặt vào mối nối trong quá trình thi công.

- Phương pháp sử dụng phụ gia đặc biệt: sau khi đào hào xong người ta có thể đưa vào trong vữa sét một loại chất phụ gia đặc biệt để chúng tự đông cứng lại.

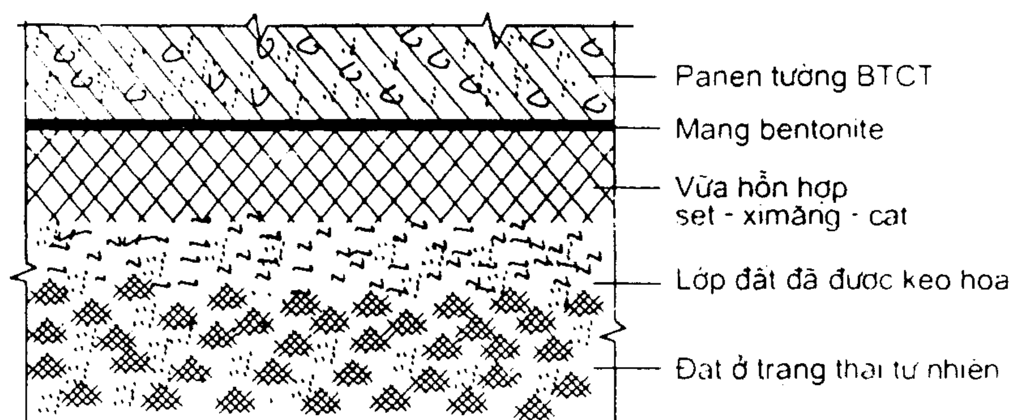
Như vậy vấn đề ở đây là làm thế nào để có một hỗn hợp vữa hợp lý đảm bảo yêu cầu chống thấm cho tường và tạo điều kiện thuận lợi cho việc thi công tầng hầm sau này.

Thông thường hỗn hợp vữa này bao gồm: xi măng +bentonite + cát + nước + phụ gia tăng dẻo.

Một điểm cần chú ý là khi chèn mối nối giữa các panen và thành hào bằng vữa sét, xi măng- cát bằng phương pháp ép qua các ống để sẵn trong panen hay trong các mối nối thì vữa phải được cấp liên tục và luôn phải kiểm tra độ linh hoạt của vữa cho đến khi kết thúc công việc của một đoạn tường.

Nếu vữa cấp không liên tục hoặc độ linh hoạt của vữa kém sẽ có khả năng hiện tượng vữa hỗn hợp này hòa trộn với bentonite, điều này dẫn đến khả năng có thể làm cho mối nối bị thấm và cường độ của vữa trong mối nối không đạt yêu cầu.

Trong thực tế thi công chèn tường lắp ghép bằng vữa sét- xi măng- cát đã có hiện tượng keo hóa một phần lớp đất giáp tường hào vì thế mà tính chống thấm của tường cũng được tăng lên.




*Hình 1.39. Mặt cắt tường lắp ghép trong đất*

**4. Chống thấm cho tường hầm và đáy hầm bằng lớp màng phủ BENTONITE GEOTEXTILE**

Bentonite Geotextile có tên gọi là VOLTEX là sản phẩm của tập đoàn CETKO, đây là một loại màng phủ chống thấm có hiệu quả cao đặc biệt là đối với các công trình ngầm, màng phủ này dùng cho cả mặt đứng và mặt phẳng nằm ngang.

Nó được cấu tạo bởi 2 lớp sợi khoáng polypropyline và một lượn Sodium bentonite theo tỷ lệ 450 g/m$^2$.

Việc thi công lắp đặt VOLTEX hết sức dễ dàng và nhanh chóng, chỉ cần đặt nó vào đúng vị trí và gắn chặt lại. Nó có thể gắn trực tiếp lên bê tông mới đổ ở bất kỳ thời tiết nào mà hoàn toàn không cần dùng đến các loại keo kết dính. Nó có tính năng như một lớp màng phủ tự kết dính và nén chặt.

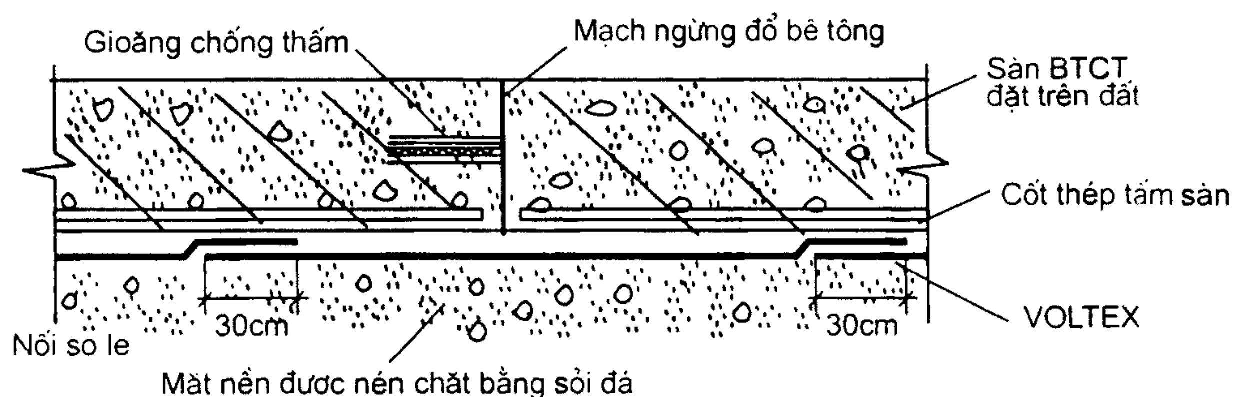
Độ bền của VOTEX rất cao, khi dùng nó làm vật liệu chống thấm ta không cần phải áp dụng bất kỳ một biện pháp bảo vệ nào khác nữa.

Ứng dụng của VOLTEX:

VOLTEX được dùng để chống thấm cho các sàn bêtông đặt trên đất, cho các tường cừ bằng gỗ, thép hay bêtông đổ lại tại chỗ cũng như lắp ghép, cho các công trình đường hầm và công trình ngầm, các công trình được xây dựng bằng công nghệ phun bê tông

VOLTEX được sản xuất thành từng cuộn như cuộn giấy dầu có kích thước 1,2 × 4,5 m độ dầy 6,4 mm và trọng lượng mỗi cuộn là 34 kg.

Cần chú ý là sử dụng VOLTEX cũng có những hạn chế nhất định: nó không dùng được để xử lý chống thấm bằng cách bao phủ cho các phần công trình lộ ra trên mặt đất. Nó cũng không dùng để xử lý cho các kết cấu đang có nước đọng. Nó không sử dụng được cho các khe co dãn.




*Hình 1.40. Mặt cắt kết cấu lắp đặt VOLTEX*

# Phần 2

# CỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG CÁC LOẠI CỌC TRONG XÂY DỰNG

## Chương I

## CÁC LOẠI CỌC TRONG XÂY DỰNG

### I. PHÂN LOẠI CỌC

Cọc có nhiều loại để phục vụ cho những công trình khác nhau với nhiệm vụ để gia cố nền đất hoặc truyền tải cho móng.

Người ta có thể phân loại cọc theo vật liệu như:

- Cọc tre;
- Cọc gỗ;
- Cọc bê tông và bê tông cốt thép;
- Cọc thép hoặc gang;
- Cọc hỗn hợp gỗ và bê tông hoặc bê tông và thép.

Theo hình dáng kích thước người ta cũng có thể phân thành các loại:

- Cọc ngắn chiều dài khoảng dưới 6m;
- Cọc vừa chiều dài khoảng 20-25m;
- Cọc dài trên 25m có thể tới 50, 60m hoặc hơn nữa.

Riêng đối với cọc bê tông cốt thép là một loại cọc dùng rất phổ biến thì người ta còn chia ra các loại cọc rỗng, cọc đặc, cọc bê tông cốt thép thường và cọc bê tông cốt thép dự ứng lực, về cách thức chế tạo cọc bê tông cốt thép người ta còn phân ra cọc bê tông cốt thép đúc sẵn và cọc bê tông cốt thép đổ tại chỗ

**1. Cọc tre**

Người ta thường dùng cọc tre để gia cố nền đất, cọc tre chỉ được sử dụng ở vùng đất luôn luôn ẩm ướt. Bởi vì, nếu dùng ở vùng đất khô hoặc vùng đất lúc khô lúc ướt thì cọc tre sẽ rất nhanh chóng bị ải hoặc bị mục.

Tre dùng làm cọc phải là tre già trên 2 năm tuổi, tre phải tươi và thẳng, đường kính tối thiểu phải trên 6cm (thường là từ 8-10cm)

Tre dùng làm cọc thường là tre đực, thịt tre dầy 10-15mm, hoặc hơn nữa và có chiều dài khoảng 2-3m. Đầu trên cọc tre cưa phẳng cách mắt độ 5cm, đầu dưới cọc cách mắt độ 20cm được vạt nhọn để làm mũi cọc.

Đóng cọc tre thường dùng vồ gỗ loại cho 1 người hoặc 2 người và mỗi mét vuông đất phải đóng khoảng 25 cọc. Đây là một công việc khó nhọc, tốn khá nhiều công sức và thời gian, vì vậy ở một số nơi người ta đã sử dụng búa máy loại búa phá bê tông cải tiến bằng cách trang bị thêm một mũ chụp để đóng cọc tre. Máy nén khí dùng trong trường hợp này có công suất nhỏ, áp lực khí nén chỉ khoảng từ 4-8atm, một máy nén khí loại này có thể sử dụng đồng thời cho 5-6 máy đóng cọc tre. Ngoài việc thi công nhanh và đỡ vất vả áp dụng phương pháp này có thể đóng cọc tre trong hố móng có dưới 20cm nước.

**2. Cọc cát**

Sử dụng cọc cát cũng chính là một phương pháp gia cố nền đất, sau khi thi công khả năng chịu tải của nền đất có thể tăng lên từ 2 đến 2,5 lần.

Người ta đóng một lõi cọc bằng gỗ hay thép xuống đất rồi nhổ lên tạo thành một lỗ cọc sau đó lỗ được lấp đầy bằng cát hạt to hay cát pha sỏi rồi đầm từng đợt một bằng búa treo.

Như vậy mỗi lỗ được lèn bằng một loại đất có chất lượng tốt hơn được đầm chắc hơn đất chung quanh. Mặt khác, ngay chính đất chung quanh các cọc cát ấy trong quá trình thi công cũng được các lõi cọc lèn chặt.

Tuy vậy, phương pháp thi công trên chỉ có thể áp dụng đối với đất thịt, đất sét pha cát vì chúng có khả năng giữ cho tường đất thẳng đứng, nhưng độ sâu cũng không vượt quá 3,0m; còn nếu là đất cát thì độ sâu tối đa của phương pháp này chỉ có thể đạt vào khoảng 2,0-2,5m là cùng.

Muốn thi công cọc cát sâu hơn nữa người ta phải sử dụng một ống bao hay còn gọi là ống nòng. Đây là một ống thép dầy 3-5mm có đường kính khoảng 30-35cm. Đầu trên của ống được gắn vào một máy chấn động treo ở đầu cần trục, đầu dưới ống có nắp đáy loại đặc biệt gồm 4 cánh đóng mở được gắn với ống bao bằng các bản lề. Sau khi hạ ống bao xuống đến vị trí thiết kế thì đổ hỗn hợp cát lẫn sỏi vào trong ống rồi cho máy chấn động rung, đồng thời từ từ rút ống bao lên khỏi mặt đất. Khi nhổ ống bao thì các cánh cửa đáy mở ra và cát sỏi lấp đầy hố (hình 2-1).

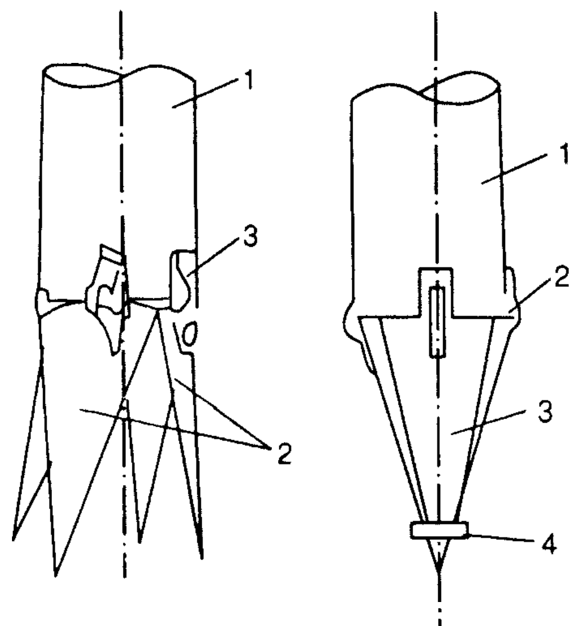
3. Cọc gỗ

Các cây gỗ dùng làm cọc phải có các yêu cầu :

- Gỗ phải tươi, độ ẩm tối thiểu phải lớn hơn 23%, nếu dùng gỗ khô thì trước khi gia công làm cọc gỗ phải được ngâm nước.

- Cây gỗ phải thẳng, độ võng cho phép là 1% chiều dài của cọc nhưng không được vượt quá 12cm.

- Độ to nhỏ của cọc không được chênh lệch nhau quá 1cm/1m




*Hình 2-1. Ống bao cọc cát*
1. Thân ống bao; 2. Nắp đậy;
3. Bản lề nắp đáy; 4. Vòng khuyên.

Về kích thước của cọc gỗ chủ yếu người ta xét quan hệ giữa đường kính và chiều dài cây gỗ hay nói cách khác là độ mảnh của cọc gỗ. Vấn đề này đã được nghiên cứu từ rất lâu và người ta cũng đã đưa ra nhiều công thức thực nghiệm:

Chẳng hạn công thức của PERRONET được lập ra từ thế kỷ 18 cho ta cách chọn đường kính của cọc dựa theo chiều dài của nó :

$$D = 0{,}24m + (L - 4).0{,}015$$

Trong đó:

D - đường kính phần giữa của cọc gỗ (m);

L - chiều dài cọc gỗ (m).

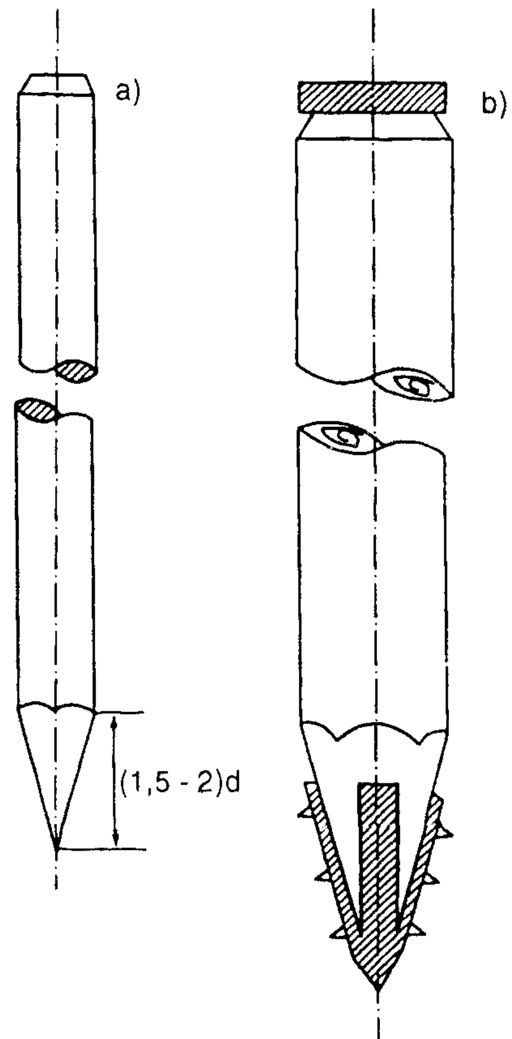
Hiện nay, nhiều nước tính toán và chọn kích thước cọc gỗ thường sử dụng công thức sau đây (đối với cọc có chiều dài trên 6m):

$$D = 30 + 1{,}5\,(L - 6)$$

D - đường kính phần giữa của cọc (tính theo cm);

L - chiều dài cọc gỗ (tính theo mét).

Thông thường chiều dài của 1 cây gỗ dùng làm cọc khoảng từ 10-12m, cá biệt có khi đến 18m, đường kính khoảng 20-30cm.




*Hình 2-2. Cọc gỗ*
*a) Cọc gỗ thông thường;*
*b) Cọc gỗ có gia cường đai thép ở đầu cọc và mũi thép ở mũi cọc*

***a. Chế tạo cọc gỗ:***

Trước tiên phải róc hết vỏ cây, đẽo đầu cọc và làm mũi cọc.

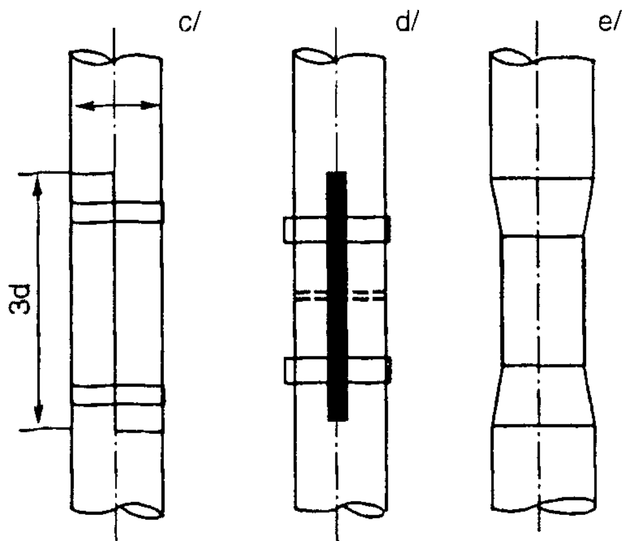
Mũi cọc phải đẽo thành hình chóp có 3 hoặc 4 cạnh, chiều dài mũi cọc bằng từ 1,5-2 lần đường kính thân cọc.

Mặt trên đầu cọc phải được cưa phẳng và vuông góc với trục của cọc. Đầu cọc thường được gọt nhỏ để lồng một vành đai thép bằng thép bản rộng 40-70mm và dầy 8-12mm, mục đích bảo vệ cho đầu cọc khi búa đóng khỏi bị dập nát. Tâm đầu cọc và tâm mũi cọc phải tạo thành một đường trục trùng với trục của cọc.

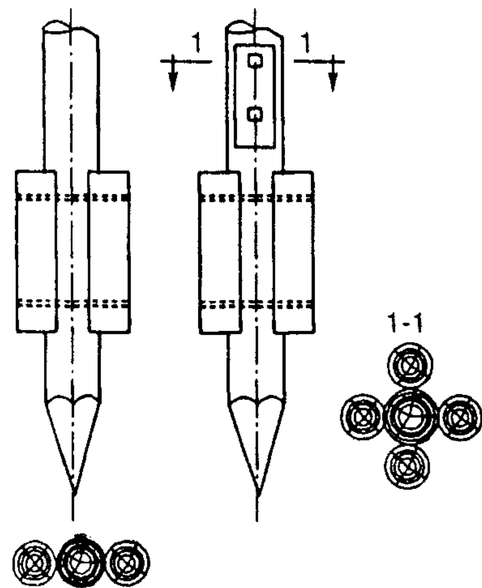
Việc chế tạo đầu cọc và mũi cọc có ảnh hưởng rất lớn đến công tác thi công đóng cọc.

Cọc gỗ khi phải đóng qua lớp đất rắn mỏng, lớp cuội sỏi, lớp đất có lẫn đá cục nhỏ, lớp đất có lẫn cành và rễ cây thì mũi cọc được bảo vệ bằng một mũ thép và gắn vào mũi cọc bằng đinh (hình 2-2).

Khi cọc đóng xuống những nơi đất mềm thường người ta ốp thêm vào đoạn dưới thân cọc những đoạn gỗ, có thể là một hoặc 2 tầng để làm tăng sức chịu tải của cọc (hình 2-4).




*Hình 2-3. Các phương pháp nối cọc gỗ c) Nối bằng vòng đai; d) Nối bằng lõi sắt; e) Nối bằng ống bao.*




*Hình 2-4. Các phương pháp gia cường sức chịu tải của cọc gỗ*

Trường hợp cây gỗ không đủ chiều dài của cọc thì cần phải nối:

Có 3 cách nối cọc gỗ thông dụng (hình 2-3):

- Nối bằng vòng đai;
- Nối bằng lõi sắt;
- Nối bằng ống bao kim loại.

Các cách nối trên đơn giản, dễ thi công và tốn ít công sức, nhưng chúng không chịu được lực kéo uốn, dễ bị hư hỏng khi bị chấn động hoặc quá tải nhất thời và phải chôn sâu dưới đất ít nhất là 2,0m. Các cách nối bằng gỗ ốp hoặc 6-8 thanh sắt ốp thì chịu lực tốt hơn nhưng tốn nhiều công và vật liệu.

***b. Cọc hỗn hợp bê tông và gỗ:***

Cũng như cọc tre, để tránh mục cọc gỗ phải sử dụng ở nơi thường xuyên có nước, tuy nhiên trong thực tế có những công trình mực nước ngầm có thể thay đổi lúc cao lúc thấp và những công trình chỉ có một phần cọc nằm trong nước ngầm, trường hợp này nên sử dụng loại cọc hỗn hợp gồm cả bê tông và gỗ.

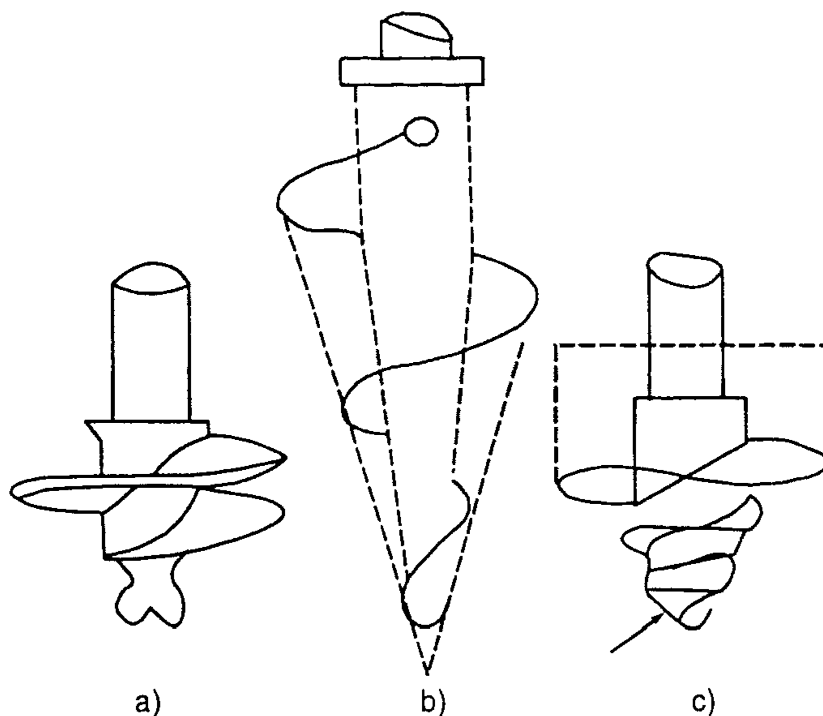
Người ta để phần cọc hoàn toàn và vĩnh viễn nằm dưới mực nước ngầm bằng gỗ, còn phần trên nơi không có nước ngầm hoặc nơi mà mực nước ngầm luôn luôn thay đổi thì dùng cọc bê tông cốt thép.

Cọc gỗ có thể đóng thẳng hoặc xiên, còn loại cọc hỗn hợp này không được phép đóng xiên.

Thông thường cọc gỗ được sử dụng trong xây dựng các công trình tạm thời, các công trình ít quan trọng và chịu tải không lớn.

**4. Cọc thép**

Cọc thép chịu lực dọc rất tốt nhưng do trọng lượng tương đối nhỏ và lực ma sát giữa đất và cọc thép không lớn nên khả năng chống nhổ của cọc thép không cao.



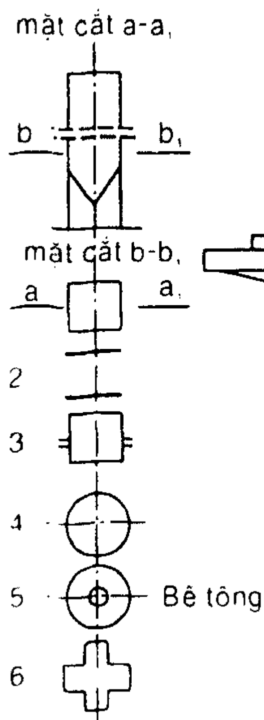

***Hình 2-5.** Cọc đinh ốc đặc đối với các loại đất*
*a) Tương đối mềm; b) Trung bình; c) Cứng*

Cọc thép do giá thành cao nên ngày càng ít dùng hơn so với cọc bê tông cốt thép tuy vậy trong một số trường hợp sau đây người ta vẫn còn sử dụng rộng rãi cọc thép:

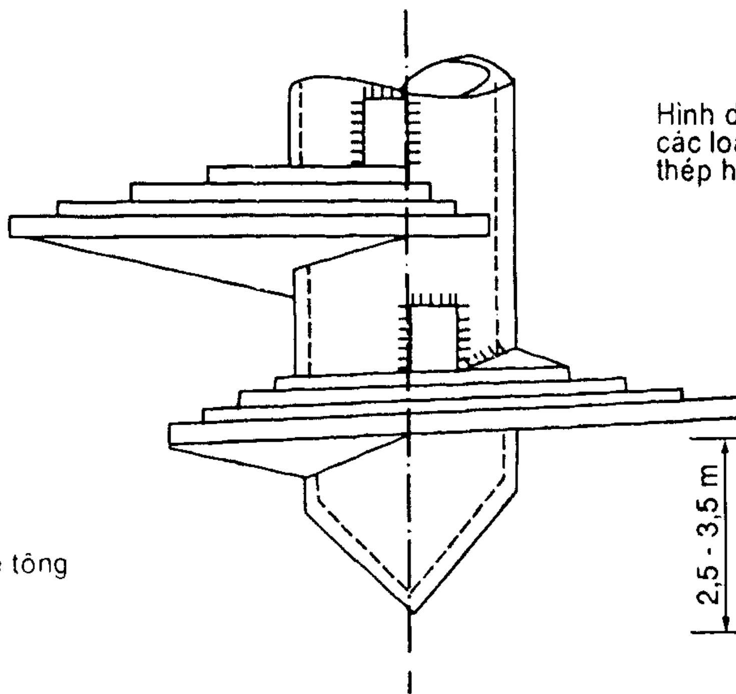
- Sử dụng trong những công trình có lực va đập mạnh (như cầu tàu,...);

- Sử dụng trong những công trình có lực nhổ lớn (cột thép);

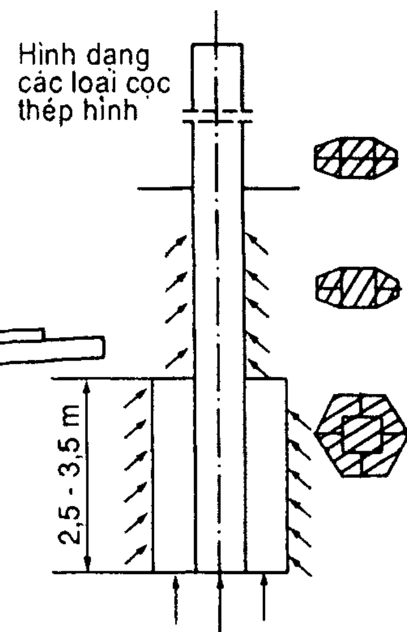
- Sử dụng trong những loại đất rất khó đóng các loại cọc thông thường (như trong cát, trong đá,...) lúc này người ta dùng cọc thép phần dưới có cánh xoắn ốc (hình 2-5).




*Hình 2-6. Các loại cọc bằng thép hình 3, 4, 6 chiều dài ≤ 26m*



*Hình 2-7. Cọc thép xoắn ốc*




*Hình 2-8. Cọc bằng thép hình có hàn ốp các đoạn gia cường ở phần mũi cọc*

Trong một số trường hợp đối với đất sét dẻo người ta cũng dùng một ít cọc thép ở giai đoạn cuối để chống việc chương nở và trồi lên của các cọc đã đóng trước.

Ngoài ra, còn hay sử dụng cọc thép như những thanh ốp dọc gia cường cho các tường cừ bằng thép hay gỗ.

Để khắc phục nhược điểm của cọc thép là ít ma sát với đất và trọng lượng nhỏ gần đây người ta đã sử dụng các thanh thép hình có hàn thêm các cánh gia cường hoặc bọc thêm bê tông một đoạn gần mũi cọc hoặc dùng cọc ống thép sau khi đóng cọc thì đổ bê tông vào trong ống (hình 2-6, 2-7, 2-8).

Vật liệu sử dụng trong chế tạo cọc thép có thể là gang, thép hoặc kết hợp cả gang thép và bê tông.

Tuy giá thành của cọc thép có cao hơn cọc bê tông cốt thép và cọc gỗ nhưng người ta vẫn sử dụng bởi chúng có những ưu điểm sau đây:

- Nâng cao khả năng chịu tải của cọc đối với mọi loại đất;

- Trọng lượng của cọc tương đối nhỏ nếu như cọc bê tông cốt thép dài khoảng 20m có tiết diện 40×40 cm nặng tới 8 tấn thì với cọc thép có tiết diện tương tự (đường kính ống ϕ50cm) chỉ nặng 2,5-3 tấn (thường cọc ống thép nhẹ hơn cọc bê tông tới 3 lần). Do cọc nhẹ nên thi công dễ dàng và không đòi hỏi các thiết bị phức tạp có lực đóng lớn;

- Cọc thép bền và cứng, không sợ khi vận chuyển và đóng cọc bị nứt nên loại trừ được hiện tượng vỡ cọc trong các quá trình thi công;

- Độ sâu đóng cọc có thể rất lớn, có thể đóng những cọc sâu tới 40-50m không khó khăn gì lắm vì thiết bị không đòi hỏi phức tạp và có thể nối dần dễ dàng từng đoạn cọc trong khi thi công.

- Sức chịu tải của cọc thép rất lớn : Đối với các loại cọc thông thường khả năng chịu nén đạt 100T, chịu kéo đạt 50T trong một số trường hợp cá biệt có thể thiết kế và thi công cọc thép chịu tải tới 250 hoặc 300T.

***a. Chống gỉ cho cọc thép:***

Những cọc kim loại ngâm lâu trong nước thường bị gỉ và huỷ hoại. Người ta thấy rằng cọc thép ngâm trong nước mặn bị phá huỷ nhanh hơn trong nước ngọt. Phần cọc ở trong nước và trong lớp không khí gần nước bị gỉ nhanh hơn phần cọc nằm hoàn toàn trong đất. Cọc thép trong đất cát đồng chất thì bền hơn cọc thép chôn trong đất sét vì cát tác dụng với gỉ sắt tạo thành một màng chống nước và axit xâm nhập vào kim loại.

Muốn cho cọc thép đỡ gỉ người ta quét các lớp nhựa bi-tum lên bề mặt cọc. Thí nghiệm cho thấy rằng những lớp nhựa bảo vệ này dính rất chặt vào sắt thép và sau khi đóng cọc thép qua nhiều tầng cát to hạt lớp nhựa vẫn không bị hư hỏng.

Một số nghiên cứu cho biết sau 100 năm phần cọc thép nằm hoàn toàn trong nước bị gỉ ăn mòn từ 2,0 đến 4,5mm còn phần cọc nằm sát mặt nước cả phía trên lẫn phía dưới có thể bị gỉ ăn mòn từ 8,0 đến 10,5mm.

Mức đó gỉ của cọc kim loại phụ thuộc vào độ mặn, độ xâm thực của nước, nhiệt độ và độ ẩm của không khí và tính chất của kim loại, những sắt thép dùng làm cọc có pha thêm hợp kim cờ-rôm, măng-gan thì bị gỉ ít hơn.

Hiện nay chưa có số liệu chính xác và đầy đủ về sự phá hoại của sắt thép trong điều kiện nhiệt ẩm, có gió mùa của nước ta nhưng những chỉ dẫn trên cho thấy nếu dùng cọc ống thép có chiều dày 12-14mm thì mới có khả năng làm việc được trên 100 năm.

Hệ số an toàn trong thiết kế và thi công cọc thép:

Trong tính toán và thi công cọc thép người ta sử dụng các hệ số an toàn như sau đối với các loại đất:

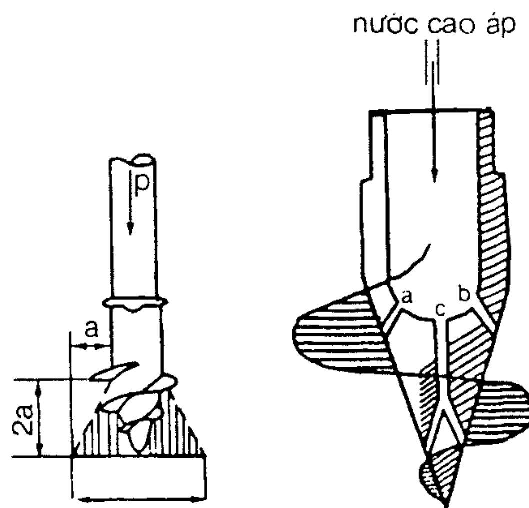
- Đối với đất bình thường K = 6;
- Đối với đất bùn K = 8,

***b. Biện pháp thi công cọc thép:***

Đối với cọc thép đặc thường dùng búa đóng tương tự như khi thi công cọc bê tông hoặc cọc gỗ. Đối với các loại cọc rỗng thì có thể hạ cọc bằng búa đóng hoặc máy rung. Nếu là cọc hỗn hợp giữa bê tông và thép thì sau khi đã hạ ống thép đến vị trí thiết kế mới dùng khí nén hoặc nước áp lực cao để xói hết đất trong lòng cọc rỗng rồi đổ bê tông.

Trường hợp thi công cọc thép xoắn ốc, người ta thường gắn một tời xoay ở đầu cọc thép tuỳ theo kích thước và chiều dài của cọc và tuỳ theo chất lượng đất mà việc hạ cọc xoắn có thể tiến hành bằng phương pháp thi công thủ công hoặc cơ giới.

Đối với những loại cọc thép lớn và dài mũi cọc có những cánh xoắn ốc lớn bằng thép hay gang lại phải xuyên qua những lớp đất cứng thì thường phải gắn những vòi nước có áp lực cao ở mũi cọc để hỗ trợ trong khi xoắn hạ cọc (hình 2-9).




*Hình 2-9. Các loại mũi cọc thép*

*a) Loại mũi tẩy;*

*b) Loại mũi nhọn có đường nước cao áp*

**5. Cọc bê tông cốt thép:**

Trong nhiều trường hợp cọc bê tông cốt thép được dùng để thay thế cọc gỗ. Tuy chế tạo cọc giá thành có cao hơn nhưng ngược lại sử dụng cọc bê tông cốt thép có nhiều ưu điểm hơn so với cọc gỗ:

- Có thể đáp ứng chính xác kích thước tiết diện, cường độ và chiều dài của cọc theo thiết kế;

- Cùng với thời gian cọc gỗ có thể bị hư hại khá nhanh đặc biệt nếu nó không được đóng hoàn toàn nằm trong nước còn cường độ của cọc bê tông ngày càng được tăng cao;

- Đối với cọc gỗ kiếm được loại thẳng, dài đảm bảo các yêu cầu về tiết diện là rất khó khăn và cũng tốn kém nhất là khi yêu cầu số lượng nhiều, ngược lại với cọc bê tông thì chiều dài chỉ bị hạn chế bởi thiết bị thi công và vận chuyển, do đó cùng với những tiến bộ về khoa học thì kích thước của cọc bê tông cốt thép ngày càng được nâng cao.

Chính vì có những ưu điểm trên nên cọc bê tông cốt thép ngày càng thay thế cọc gỗ và được sử dụng rộng rãi trong những trường hợp sau đây:

- Khi yêu cầu độ dài của cọc tương đối lớn;

- Yêu cầu khả năng chịu tải lớn, vì vậy mà số lượng cọc bê tông cốt thép trong công trình ít hơn rất nhiều so với lượng cọc gỗ;

- Cọc bê tông cốt thép được sử dụng ở những vùng có nước và khí xâm thực, các công trình biển và ở những vùng nước ngầm lên xuống.

*a. Phân loại cọc bê tông cốt thép:*

Có nhiều cách phân loại cọc bê tông cốt thép, như dựa vào kích thước và trọng lượng cọc, hình dáng của cọc, nguyên lý làm việc của cọc (cọc chống, cọc ma sát)... Song, phổ biến nhất là phân loại cọc bê tông cốt thép dựa theo phương pháp thi công cọc. Theo cách phân loại này người ta phân chia cọc bê tông cốt thép làm 3 loại:

(1) - Cọc bê tông cốt thép đúc sẵn;

(2) - Cọc bê tông cốt thép đổ tại chỗ;

(3) - Cọc bê tông cốt thép hỗn hợp vừa đúc sẵn vừa đổ tại chỗ.

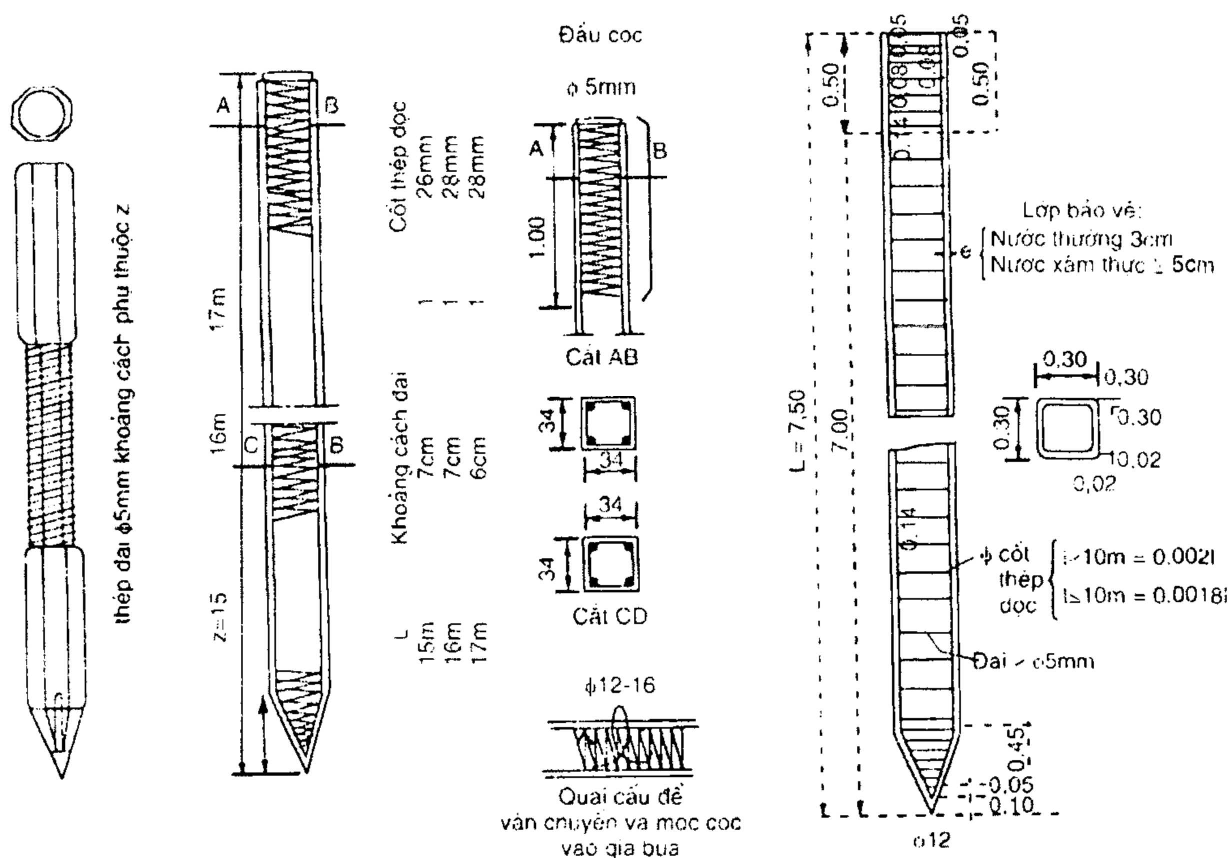
Các mục sau đây sẽ đi sâu nghiên cứu cọc bê tông cốt thép trên cơ sở của cách phân loại này.

# Chương II

# CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC SẴN

## I. CẤU TẠO CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC SẴN

Cọc bê tông cốt thép đúc sẵn thường gồm 3 bộ phận: thân cọc, mũi cọc và đầu cọc (hình 2-10).




*Hình 2-10. Cấu tạo của các loại cọc bê tông cốt thép*

### 1. Thân cọc:

Thường có tiết diện hình vuông, tròn, lục giác, bát giác cũng có khi sử dụng cọc có tiết diện tam giác đều.

Cọc có tiết diện hình vuông, thông thường kích thước mỗi cạnh từ 15cm đến 40cm.

Cọc bê tông cốt thép có chiều dài phổ biến tới 25m, trường hợp cọc bê tông cốt thép ứng suất trước có thể dài tới 40m hoặc hơn nữa.

Cốt thép dọc trong cọc làm việc chịu nén là chủ yếu nhưng trong quá trình vận chuyển và thi công cọc còn bị uốn. Trong tính toán cọc người ta thấy rằng nếu dùng cốt thép dọc có kích thước không lớn và đai dày thì sẽ có lợi.

- Đường kính cốt đai hoặc cốt lò xo của cọc thường là 6mm-8mm

- Đường kính cốt thép dọc (d) phụ thuộc vào chiều dài (L) của cọc:

+ Với cọc $L \leq 10m$; $d \approx 0,002\ L$

+ Với cọc $L > 10m$; $d \approx 0,0018\ L$

Lớp bê tông bảo vệ:

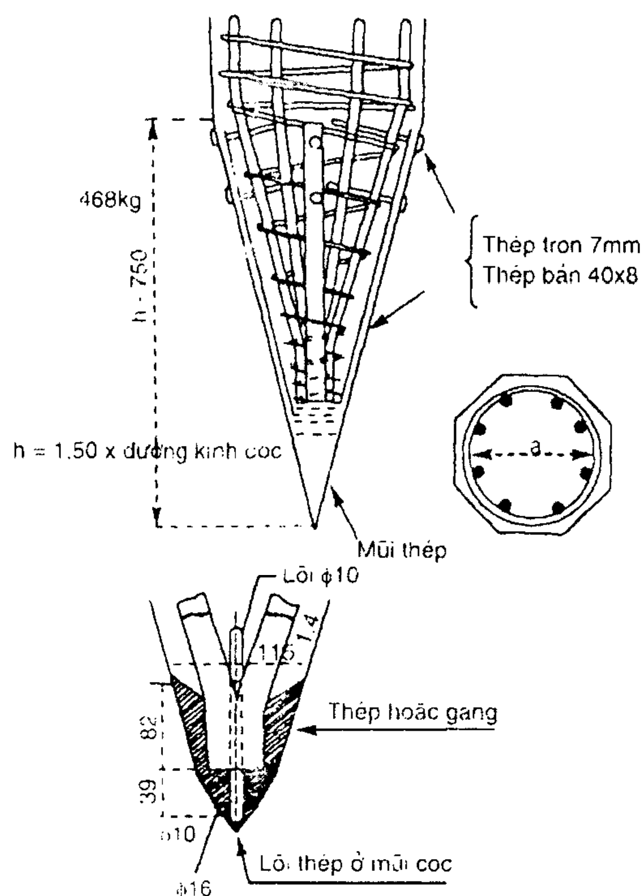
- Đối với môi trường không bị xâm thực: lớp bảo vệ ≥ 2,0cm

- Đối với nước biển và trong môi trường bị xâm thực: lớp bảo vệ ≥ 5,0cm

Lượng xi măng dùng trong cọc bê tông cốt thép thường từ 300-400 kg/m³. Bê tông ở vùng nước biển hoặc vùng môi trường bị xâm thực nên sử dụng loại xi măng ít vôi.

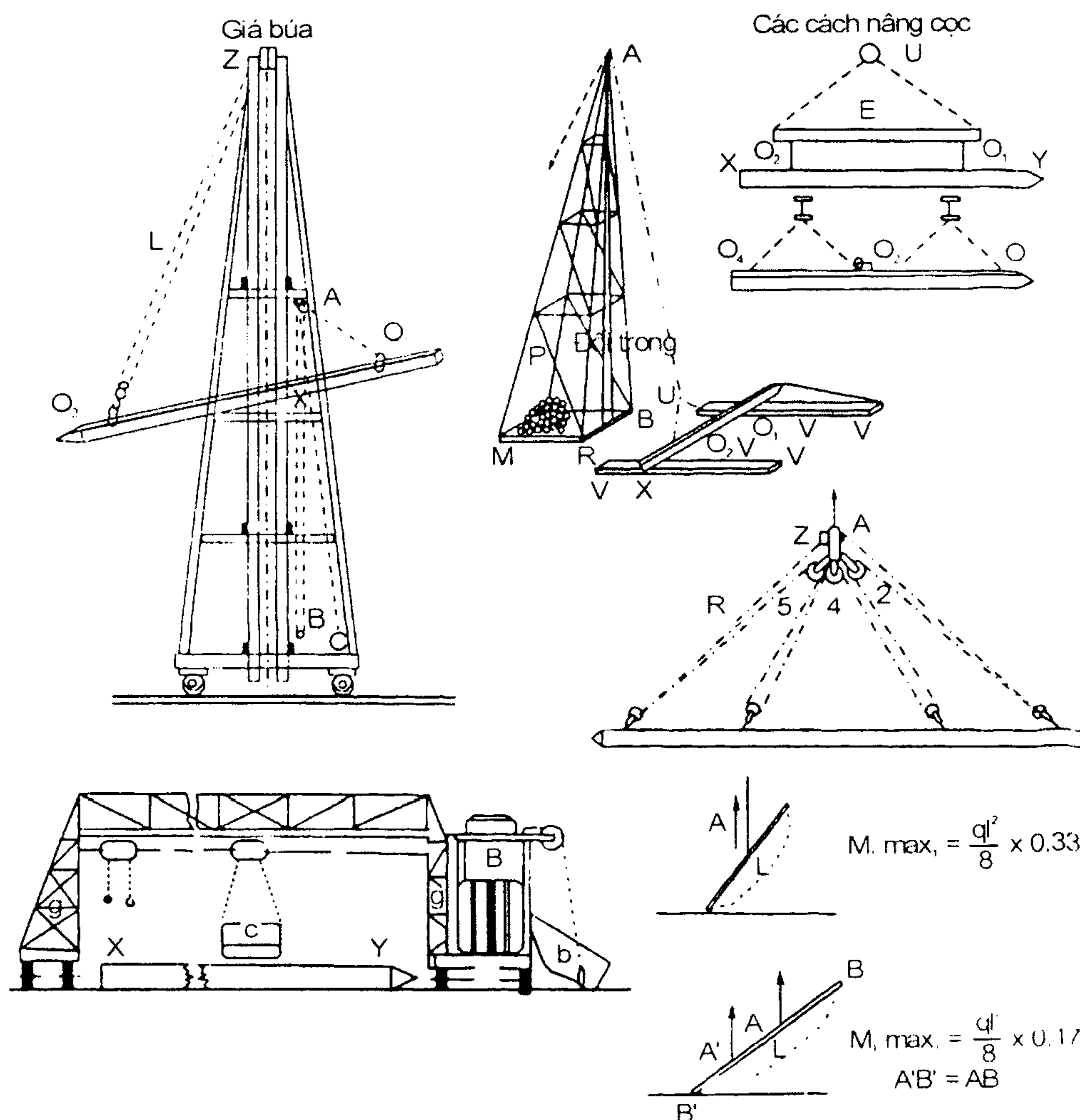
**2. Mũi cọc:**

Mũi cọc là bộ phận tiếp xúc trực tiếp với đất cứng khi đóng nên rất cần được bảo vệ bằng mũ cọc. Nó có thể là một mũ bằng kim loại kiểu như mũ của cọc gỗ hoặc là một vành đai thép bọc chặt các thanh thép




*Hình 2-11. Các loại mũi cọc bê tông cốt thép*

dọc. Ngoài ra, người ta còn gia cường bằng các lưới thép chống va đập. Thép của các lưới này có đường kính nhỏ (4 - 6mm) được đặt dầy trong một đoạn khoảng 1m bắt đầu từ mũi cọc (hình 2-11).

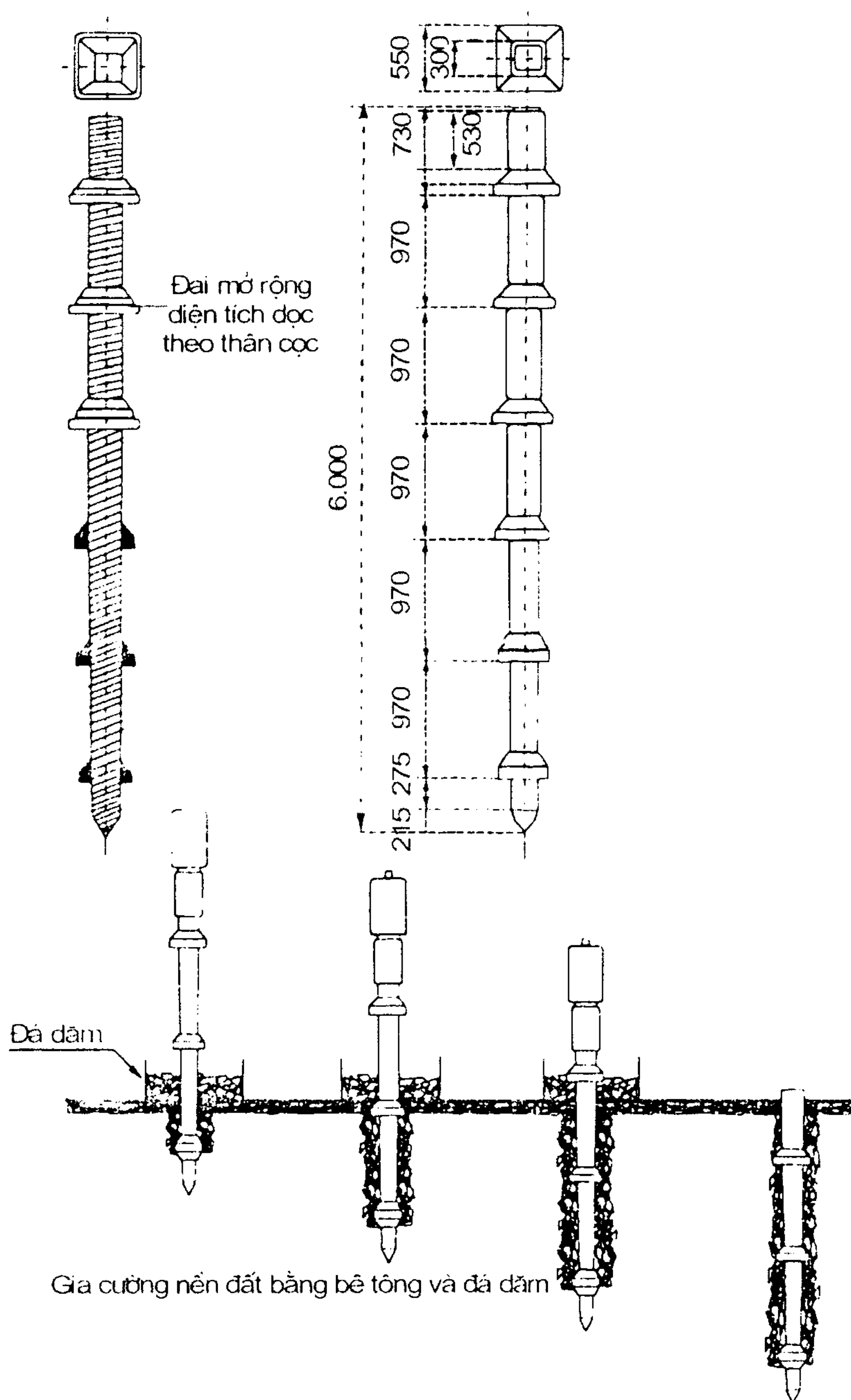



*Hình 2-12. Các cách thức xếp dỡ, nâng cọc và treo vào giá búa đối với cọc bêtông cốt thép*

**3. Đầu cọc:**

Đầu cọc kích thước tương tự như thân cọc nhưng chịu trực tiếp lực đập của búa. Do đó cũng như mũi cọc, cần gia cường thép đai và các lưới chống va đập trên một đoạn chiều dài từ 0,40÷1,0 m từ đầu cọc. Tuy đã

gia cường nhưng để chống nứt cho đầu cọc bê tông cốt thép, thông thường người ta trang bị thêm một đệm đầu cọc bằng gỗ hoặc bằng thép trong đựng một lớp cát rất mịn để ngăn cách búa và cọc.




*Hình 2-13. Cọc Takechi (Nhật Bản)*

Kinh nghiệm cho thấy rằng: lực đóng cọc trong tất cả các trường hợp thường thay đổi trong khoảng từ $140 \div 200$ kg/cm$^2$ trong khi lực phá hoại do đóng thực tế bằng khoảng 50% khả năng chịu nén của cọc, do vậy cường độ bê tông đầu cọc kể cả cốt thép cần phải đạt là 280kg/cm$^2$ đối với đất tương đối mềm và 400kg/cm$^2$ đối với các loại đất cứng.

## II - MỘT SỐ LOẠI CỌC ĐẶC BIỆT:

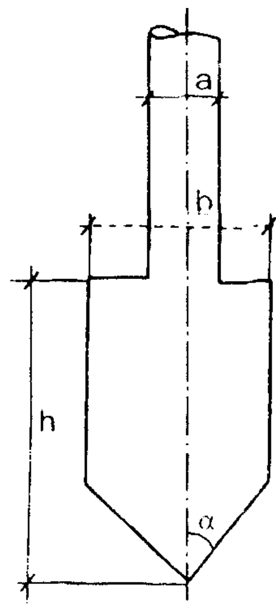
### 1 - Cọc bê tông đúc sẵn thi công theo phương pháp TAKECHI (Osaka - Nhật Bản)

Đó là cọc có thêm các đai mở rộng diện tích theo thân cọc. Khi đóng cọc người ta dồn đá xuống phần lỗ chung quanh thân cọc được tạo ra bởi các đai cọc (hình 2-13)

Lực chịu tải của loại cọc này so với cọc thông thường có thể tăng lên tới 4 lần trong đất mềm và 2,5 lần trong đất chắc. Tuy vậy, hiệu quả chỉ là nhất thời ở giai đoạn đầu, do đó loại cọc này chủ yếu được dùng cho các loại công trình tạm hoặc các công trình mà thời gian tồn tại không lâu.

### 2. Cọc bê tông cốt thép đúc sẵn được mở rộng phần đáy - cọc "kiểu củ hành"

Loại cọc này có phần thân bằng bê tông cốt thép có tiết diện hình vuông, lục giác, bát giác hay tròn nhưng bộ phận dưới của cọc được phình to ra, vì vậy cho phép cọc truyền xuống đất một lực lớn hơn so với các loại cọc thông thường (hình 2-14)



*Hình 2-14. Cọc kiểu "củ hành"*

Kích thước phần đáy mở rộng của cọc (kích thước củ hành) được xác định như sau:

$b = 2a$

$h = 1,5b$

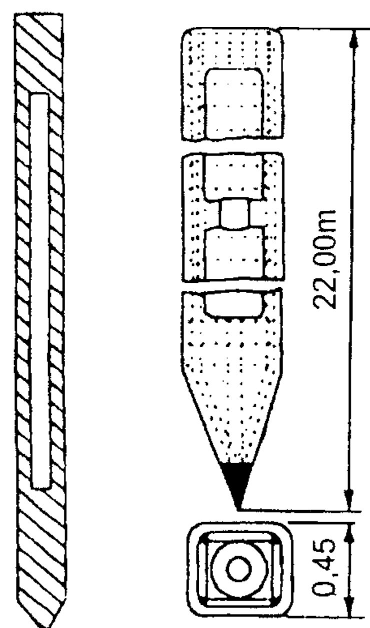
$\alpha = 45^0$

Trong thời gian đóng cọc người ta liên tục đổ cát vào phần rỗng chung quanh thân cọc, quá trình đóng cọc cát sẽ tự động dồn xuống và ép chặt vào thân cọc.

**3. Cọc rỗng bằng bê tông cốt thép hoặc bê tông cốt thép ứng suất trước** (hình 2-15)

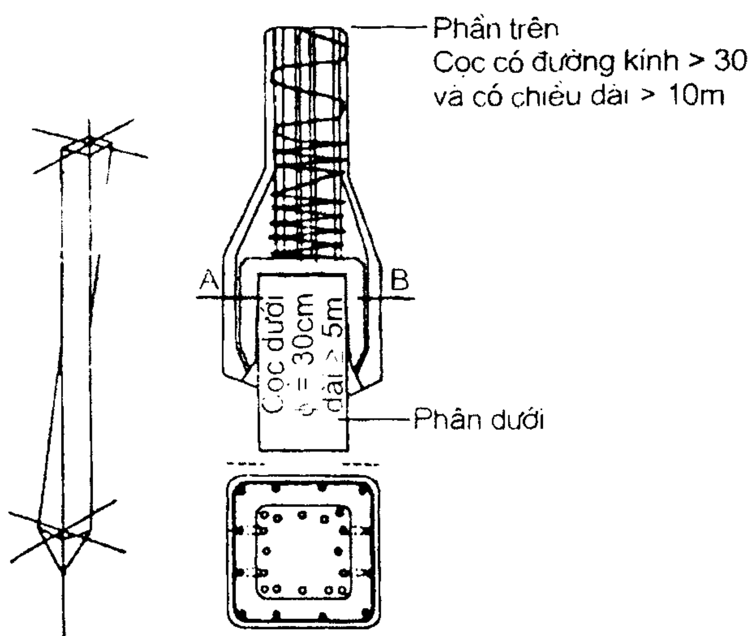
Người ta thường sử dụng loại cọc này trong trường hợp chiều dài của cọc hơn 25m và chịu tải rất lớn. Do đó mà tiết diện ngang của cọc thường rất lớn.

Phổ biến là cọc tròn chiều dài cọc có thể lên đến 60-70m, đường kính của cọc từ 0,5 đến 1,5m. Cốt thép đai kiểu lò xo bao gồm 2 lớp trong và ngoài ôm lấy cốt thép dọc.




***Hình 2-15.*** *Cọc bê tông cốt thép rỗng*

Cọc được sản xuất theo phương pháp quay ly tâm để tạo ra một lớp bê tông ngoài cùng rất đặc chắc có thể chịu được nước xâm thực.




***Hình 2-16.*** *Cọc vặn chống nhổ và chi tiết của phần nối bằng ống lớp vỏ bao bê tông cốt thép giữa 2 đoạn cọc*

Mũi cọc có mũ bằng bê tông cốt thép, bằng thép hoặc bằng gang. Sau khi thi công cọc phần rỗng ở lõi cọc được đổ đầy bê tông nghèo, cát hoặc nước.

Cọc rỗng bê tông cốt thép ứng suất trước sử dụng trong trường hợp cọc dài, chịu tải lớn và yêu cầu chống xâm thực cao. Sản xuất các loại cọc này thường theo phương pháp kéo trước, tức là: đặt cáp chung quanh thân cọc kéo căng cáp rồi đổ bê tông. Khi bê tông ninh kết xong thì thả neo tạo nên ứng suất nén trước trong kết cấu bê tông.

Lượng xi măng dùng cho loại cọc rỗng này thông thường là 350-400kg/$m^3$ bê tông.

## III. MỘT SỐ CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM ĐƠN GIẢN ĐỂ XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA CỌC:

### 1. Công thức của Hà - Lan:

Gọi: e - Độ chối của cọc dưới tác dụng của nhát búa cuối cùng;

p - Trọng lượng búa;

q - Trọng lượng cọc;

H - Chiều cao rơi búa;

P - Khả năng chịu tải của cọc.

Tác động hữu ích gây ra do búa p rơi từ độ cao H là pH, nhưng dưới ảnh hưởng của lực đập gây ra những biến dạng, rung động, sự tăng nhiệt và những mất mát khác của lực làm giảm tác động hữu ích của búa theo tỷ lệ $\frac{p}{p+q}$.

Mặt khác, khả năng chịu tải và chuyển vị của cọc phải cân bằng với lực tác dụng, do đó ta có công thức:

$$P.e = p.H\frac{p}{p+q} \rightarrow P = \frac{p^2H}{e.(p+q)}$$

Theo kinh nghiệm tính toán của Hà Lan người ta lấy hệ số an toàn bằng 6 và xác định độ chối bằng cách lấy trị số trung bình của 5 nhát búa cuối cùng.

Ta có:
$$P = \frac{p^2.H}{6e(p+q)}$$

**2. Xác định khả năng chịu tải của cọc theo công thức BENOBENCQ**

Theo Benobencq khả năng chịu tải của cọc được xác định theo công thức:

$$R = R_s + R_f - P$$

Trong đó: $R_s$ - khả năng chịu tải của mũi cọc;

$R_f$ - khả năng chịu tải của thân cọc;

P - trọng lượng bản thân của cọc;

Gọi: S - tiết diện ngang của cọc;

$\Delta$ - trọng lượng riêng của lớp đất xuyên qua;

$\beta$ - hệ số an toàn ($\beta \geq 6$);

$l$ - chiều dài của cọc;

$\varphi$ - hệ số ma sát trong của lớp đất xuyên qua.

Ta có:
$$R_s = \left[\Delta l s + tg^4\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)\right]\beta$$

Khi cọc xuyên qua nhiều lớp đất khác nhau người ta có thể sử dụng trọng lượng riêng trung bình của đất:

$$\Delta = \frac{\Delta' y' + \Delta'' y'' + \ldots + \Delta^n y^n}{l}$$

Trong đó, $\Delta'$, $\Delta''$, ... $\Delta^n$ - trọng lượng riêng của các lớp đất cọc phải xuyên qua;

$y'$, $y''$,... $y^n$ - chiều dày của các lớp đất đó.

## III. CÁC THIẾT BỊ ĐÓNG CỌC:

Có nhiều loại giá, búa hoặc máy móc phục vụ việc đóng cọc. Việc lựa chọn chúng phụ thuộc vào một số yếu tố cơ bản sau đây:

- Loại cọc (gỗ, bê tông, thép) và trọng lượng của chúng;
- Số lượng cọc phải đóng;
- Loại đất cọc cần phải xuyên qua;
- Tốc độ thi công đòi hỏi;
- Thiết bị hiện có của đơn vị thi công và các điều kiện địa phương.

Người ta đã tổng kết và rút ra kết luận: thiết bị đóng cọc hiệu quả nhất là sử dụng quả búa có trọng lượng lớn hơn hay bằng trọng lượng của cọc cho rơi ở độ cao không vượt quá 1,0 ÷ 1,5m, với tần số đóng của búa vừa phải.

Nhưng những điều kiện như trên rất khó thực hiện đối với những cọc lớn và dài vì nó đòi hỏi trọng lượng của quả búa rất nặng.

Để giải quyết khó khăn trên các nhà chuyên môn đã nghiên cứu và đưa ra kết luận : có thể chọn búa có trọng lượng chỉ bằng 10m trọng lượng tính theo chiều dài của cọc và độ rơi của búa tuỳ ý cốt sao để cọc không bị vỡ nhưng như vậy thì lại đòi hỏi giá búa rất cao.

Chẳng hạn tại cảng Manila (Philipine), đã đóng cọc bê tông cốt thép dài 33m có tiết diện 60×60cm nặng 30T bằng quả búa chỉ nặng 13,6T và độ cao nâng búa tới 5,0m, thép đai và lưới chống nứt bằng thép $\phi$6 cách nhau 38mm cho một đoạn 90cm từ đầu cọc, tiếp đó khoảng cách đai là 80mm, 150mm, 230mm và 300mm, ở mũi cọc khoảng cách thép đai là 80mm cho một đoạn cọc dài 90cm.

Búa không đập trực tiếp lên đầu cọc mà đập lên một mũ cọc bằng gỗ có bọc đai thép:

Việc vận chuyển cọc trên bờ nhờ một máy kéo có trọng lượng 50 tấn, cọc được ghép nối trên một bè nổi có kích thước 33×16,5m

Năng suất thi công đạt 8 cọc cho một ngày đêm.

Tóm lại, điều kiện lý tưởng để việc đóng cọc đạt hiệu quả cao thì trọng lượng của búa phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây:

- Đối với cọc gỗ trong điều kiện bình thường: trọng lượng búa ≥ 2 lần trọng lượng cọc;

- Đối với cọc bê tông cốt thép:

+ Trường hợp bình thường: trọng lượng búa ≥ trọng lượng cọc;

+ Trường hợp đặc biệt đối với cọc rất nặng và dài: trọng lượng búa ≥ 2/3 trọng lượng cọc;

- Đối với cọc thép và ván cừ thép:

$$\text{Trọng lượng búa} = \frac{0,5p - 30 + L + 5f}{k}$$

Trong đó: p - trọng lượng 1m dài của cọc hoặc ván cừ (kg);

L - chiều dài của cọc hoặc ván cừ (m);

f - chiều dài phần ngàm của cọc và ván cừ trong đất cứng (m);

k - Hệ số tính toán phụ thuộc vào loại đất: với đất cứng k = 30; với đất trung bình k = 40; với đất mềm k = 50.

Các loại búa đóng cọc có rất nhiều loại với hình dáng, kích thước và trọng lượng khác nhau, dựa trên nguyên lý làm việc người ta phân chúng ra thành 3 nhóm sau đây:

***1. Nhóm thứ nhất: búa treo hay búa rơi tự do***

Búa treo là một loại búa làm việc dựa trên nguyên lý quả búa rơi tự do. Khi đưa búa lên cao có thể sử dụng sức người, tời tay, tời điện. Búa được trượt giữa 2 thanh trượt bằng gỗ hay kim loại nhờ các con lăn.

Búa được kéo lên đến một độ cao quy định và cho rơi tự do để búa đập xuống đầu cọc.

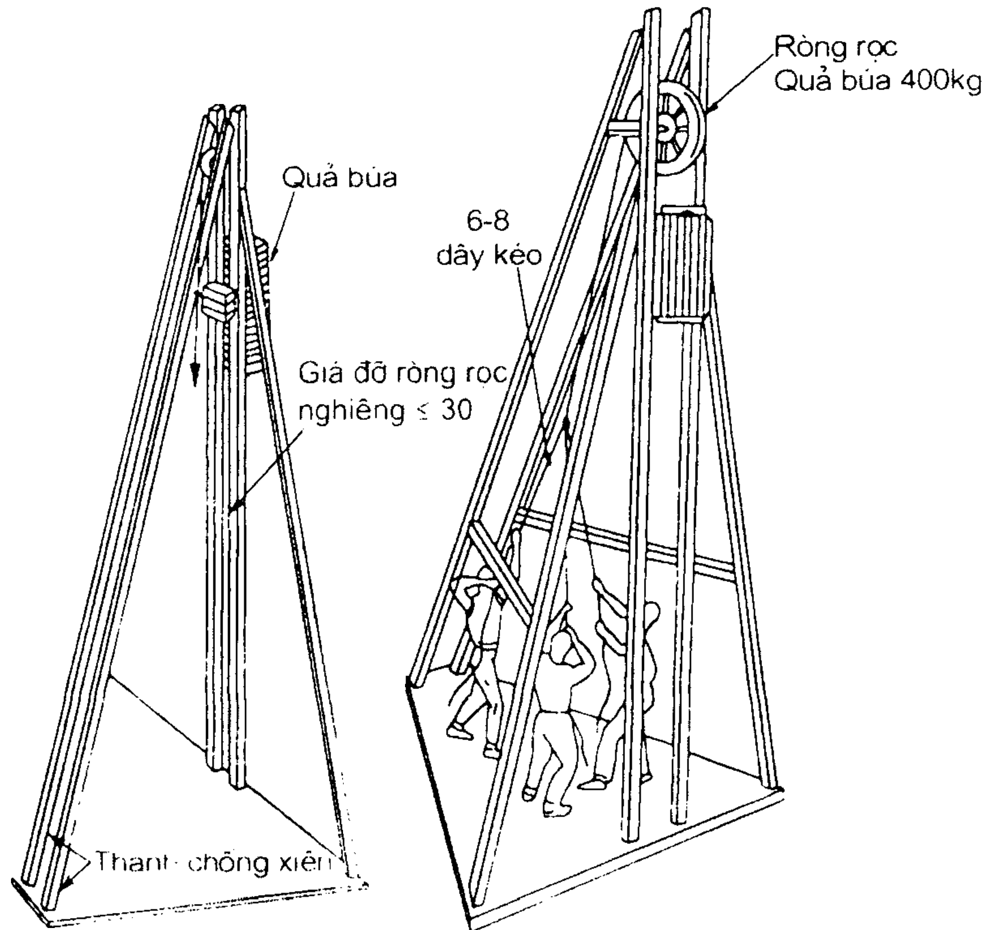
Năng suất của loại búa này thấp, búa treo chỉ sử dụng khi số lượng cọc đóng không nhiều.

Có nhiều loại búa treo:

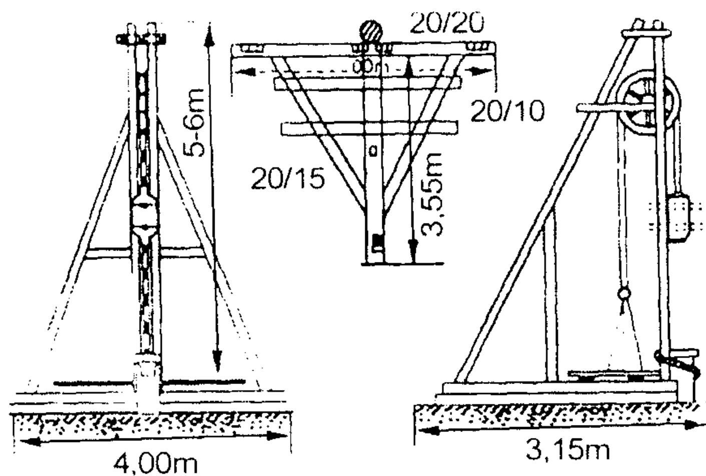
***a. Búa treo dùng dây kéo bằng sức người***

Loại búa treo này giá búa thường bằng gỗ, công trường có thể tự làm lấy dễ dàng vì kết cấu đơn giản.

Chiều cao giá búa khoảng 5-6m đầu trên giá búa có 1 ròng rọc để luồn cáp, một đầu cáp nối với một quả búa bằng gang, đầu kia tuỳ theo trọng lượng của quả búa là 200 kg hoặc 400kg mà chia ra 4 hay 8 nhánh dây mỗi nhánh do một người kéo (hình 2-17, 2-18)




*Hình 2-17. Búa treo dùng dây kéo bằng sức người*



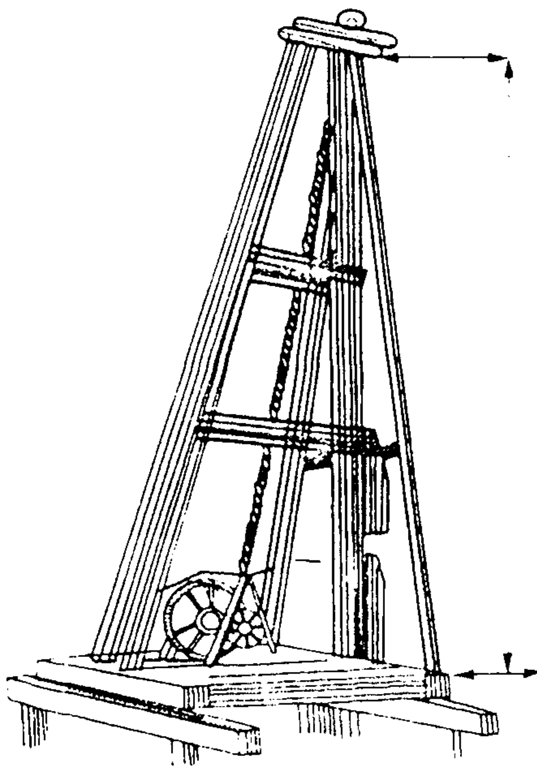

*Hình 2-18. Búa treo dùng dây kéo (Kích thước chi tiết)*

Loại búa treo này chỉ sử dụng trong trường hợp thi công cọc ngắn dưới 5,0m và nhẹ như cọc gỗ.

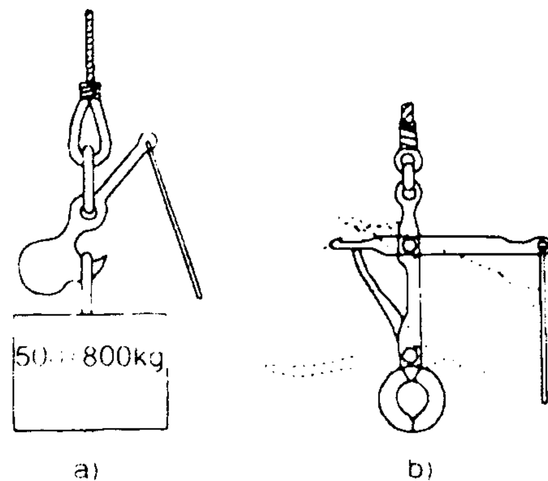
*b. Búa treo sử dụng tời tay:*

Cấu tạo và nguyên lý làm việc cũng tương tự như loại búa trên nhưng khoẻ hơn. Trọng lượng của quả búa có thể lên đến 500-800kg, độ cao rơi búa có thể đạt được từ 3,0 đến 5,0m.

Dây kéo thủ công được thay thế bằng một sợi cáp và nối với một tời tay. Cáp này liên kết với quả búa nhờ một loại móc đặc biệt có dạng quai móc hoặc dạng cái kìm. Móc này nối với một sợi dây thừng mềm điều khiển bằng tay để nhả quả búa (hình 2-19, 2-20)



***Hình 2-19**. Búa treo sử dụng tời tay*



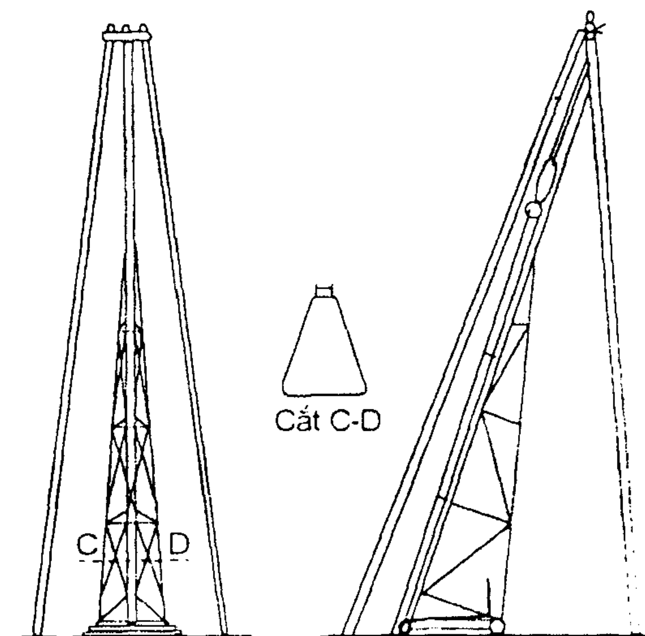

***Hình 2-20**. Các loại móc treo búa*
*a) Móc dạng quai; b) Móc dạng kìm*

Nhược điểm cơ bản của loại búa này là tốc độ thi công chậm.

***c. Búa treo kiểu Hà Lan hay là búa treo sử dụng tời điện***

Đây là một loại búa sử dụng tời điện rất nhẹ và dễ điều khiển, giá búa bằng kim loại, quả búa bằng gang thông thường có tiết diện hình chữ nhật.

Dọc theo chiều cao giá búa có 2 thanh dẫn bằng gỗ để định vị và trong quá trình đóng hướng cho cọc xuống đúng vị trí (hình 2-21).




***Hình 2-21.*** *Búa treo kiểu Hà Lan. Búa có thể đóng cọc xiên - Búa sử dụng để đóng cọc BTCT nặng và dài*

Giá búa treo kiểu Hà Lan có thể cao tới 25m và quả búa nặng 2 tấn. Vì giá búa kiểu Hà Lan cho phép nâng quả búa lên rất cao nên không yêu cầu trọng lượng quả búa phải lớn.

***d. Tính toán năng lượng xung kích của búa treo***

Khi thi công đóng cọc bằng búa treo thì độ rơi và trọng lượng của quả búa bị hạn chế bởi các điều kiện sau đây:

- Không làm hư hại cọc: Lực tác dụng của búa lên đầu cọc cần phải ≤ 1/2 khả năng chịu nén tối đa của cọc.

- Không làm cho cọc bị rung chuyển mạnh

Búa treo kiểu Hà Lan rất dễ sử dụng và kinh tế. Nó có thể sử dụng để đóng những cọc xiên tới $35^{0}$. Người ta thường dùng để đóng cọc gỗ và cọc bê tông cốt thép nhỏ.

Gọi : P - Trọng lượng của búa (kg);

H - Độ rơi tự do của búa (m);

$\mu$ - Hệ số công suất $\mu = 0,9$);

v - Tốc độ rơi của búa (m/sec) : $v = \sqrt{2gH\mu}$

Năng lượng xung kích hay lực đập của một nhát búa sẽ là:

$$F = \frac{1}{2}mv^2 = PH\mu \text{ (kgm)}$$

Nếu tần số đóng cọc của búa là n nhát búa trong một phút thì năng lượng của búa tạo ra trong 1 phút sẽ là nF

**2. Nhóm thứ 2: Búa hơi**

Ngược lại với loại búa treo, búa hơi có quả búa rất nặng nhưng độ rơi lại nhỏ. Búa hơi cấu tạo bởi một pít tông di động trong một vỏ xi lanh cố định. Nó có tên là búa hơi bởi vì công việc nâng búa nhờ áp lực của hơi nước hay khí nén.

Búa hơi được dùng chủ yếu để đóng cọc bê tông cốt thép.

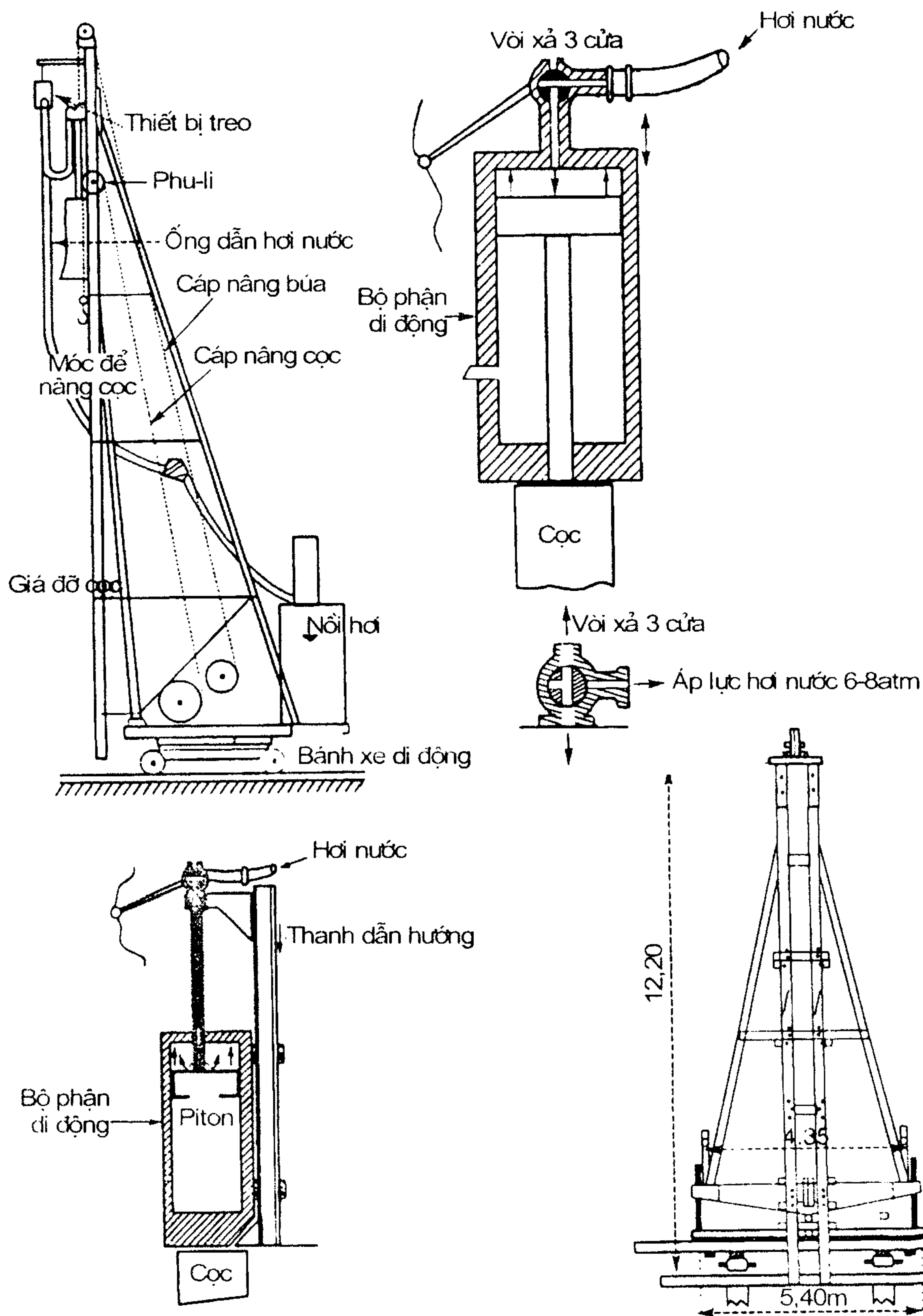
Giá búa hơi có thể cao tới 30 ÷ 35m, có thể thay đổi góc quay để đóng các loại cọc nghiêng với độ lệch tối đa là $35^0$.

Để chống nứt và bảo vệ đầu cọc khi đóng cọc bằng búa hơi thường người ta dùng một mũ đệm để ngăn cách sự tiếp xúc trực tiếp giữa cọc và búa. Song, như vậy sẽ bị tiêu hao mất đi khoảng 30% năng lượng của búa khi đóng cọc.

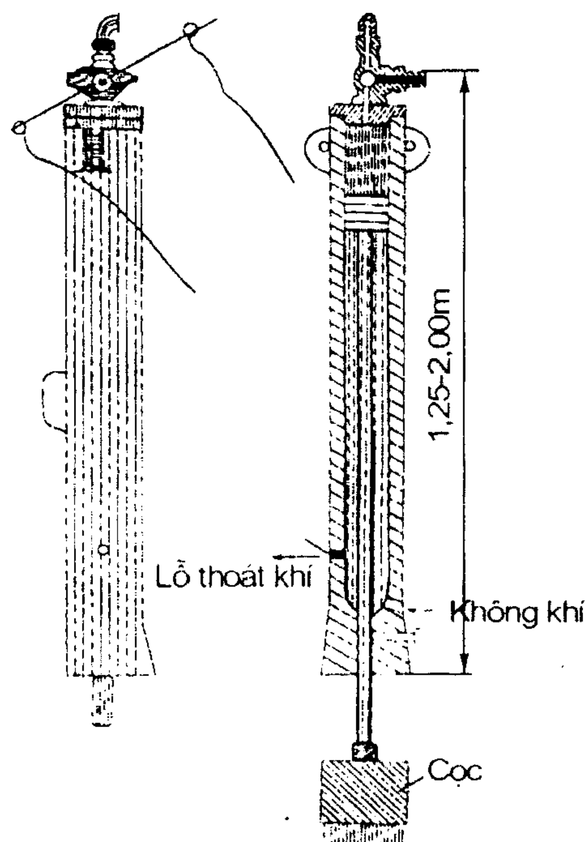
Có 2 loại búa hơi: búa hơi đơn động và búa hơi song động.

***a. Búa hơi đơn động:***

Đây là một loại búa dùng hơi nước hay khí nén để nâng chầy lên cao, còn khi chầy rơi xuống là do trọng lượng bản thân (hình 2-22, 2-23)




*Hình 2-22. Búa hơi đơn động và các loại giá búa*




*Hình 2-23. Búa hơi đơn động.*

Trọng lượng tổng cộng của búa này có thể từ 1,0 đến 12,0 tấn, trong đó trọng lượng của pít tông đi động là 0,8 đến 9 tấn.

Độ cao rơi búa từ 1,0 đến 1,5m.

Tốc độ thi công khoảng 20 đến 60 nhát búa đóng trong 1 phút.

Để đạt được năng suất đóng cọc tối đa và tránh được sự trồi lên của cọc trong lúc đóng thì trọng lượng của búa phải bằng hoặc lớn hơn trọng lượng của cọc. Trường hợp cá biệt thì trọng lượng búa cũng không được nhỏ hơn 2/3 trọng lượng của cọc.

Búa hơi đơn động thích hợp để đóng những cọc bê tông cốt thép dài và nặng.

Có loại búa hơi đơn động đóng được đồng thời một lúc 3 cọc thép hoặc gỗ.

Kết cấu của búa hơi đơn động đơn giản, bền và sử dụng dễ dàng.

Khuyết điểm chính của loại búa này là phải điều khiển bằng tay nên năng suất không cao và tiêu tốn nhiều hơi nước.

Công thức tính toán lực tác động của búa đối với búa hơi đơn động:

Gọi: C - lực tác động của búa lên cọc;

P - trọng lượng búa;

H - độ rơi của búa;

r - độ chối trung bình lấy theo 5 nhát búa cuối cùng.

Ta có:

$$C = \frac{16,66pH}{r + 0,254}$$

***b. Búa hơi song động (còn gọi là búa tác động kép)***

Đây cũng là một loại búa dùng hơi nước hoặc khí ép để nâng chầy lên và nén chày xuống. Búa hơi song động là một loại búa khá thông dụng, so với búa hơi đơn động có những ưu điểm như sau:

- Năng suất cao;

- Làm việc tự động có thể không cần giá búa chỉ cần treo búa vào móc của cần trục;

- Ít phá hoại đầu cọc;

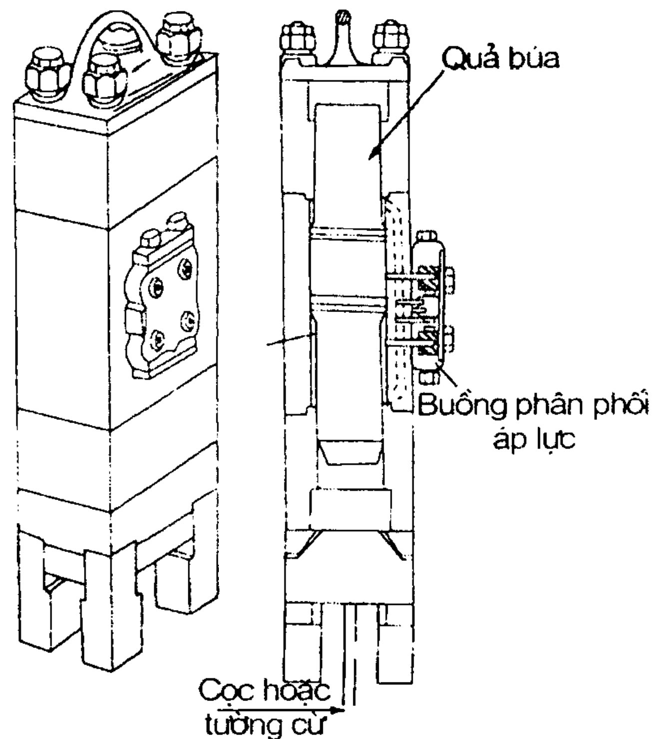
- Kích thước nhỏ vận chuyển dễ dàng.

Nhược điểm: trọng lượng chết chiếm tới gần 80% trọng lượng tổng cộng của búa và sự rung động trong thi công cũng nhiều hơn.

Thực chất đây là một búa rung làm việc theo nguyên lý của một máy tán đinh ri-vê hay một búa máy (hình 2-24).

Hiệu quả của loại búa này không mạnh như búa hơi đơn động, nhưng nhờ tác động của búa, cọc luôn luôn ở trạng thái rung chuyển truyền xuống các lớp đất những giao động liên tục làm giảm sự dính kết giữa các hạt đất với nhau và giảm lực ma sát giữa đất và cọc, làm cho cọc ăn sâu vào đất một cách dễ dàng.

Người ta sử dụng búa hơi song động để hạ tường cừ và đóng cọc đứng hoặc cọc xiên trong nền đất cát.




*Hình 2-24. Búa hơi song động hoặc búa rung*

Công thức tính toán lực tác động của búa hơi song động (công thức Mỹ):

Gọi: R - cường độ chịu lực của đất;

h - hành trình của pít-tông (cm);

ω- ứng suất nén hiệu dụng của khí ép và hơi nước ($kg/cm^2$);

S - tiết diện của píttông ($cm^2$);

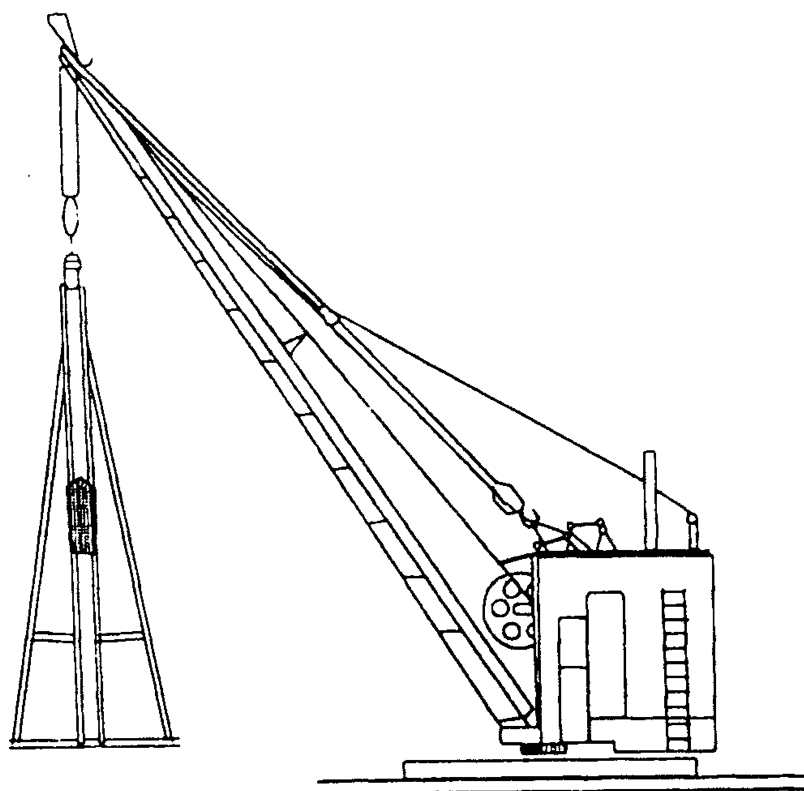
P - trọng lượng của quả búa (hay pit-tông) (tính theo kg). Thường đối với búa hơi song động trọng lượng của pít-tông chỉ bằng 1/5 đến 1/9 tổng trọng lượng của búa;

p - trọng lượng cọc;

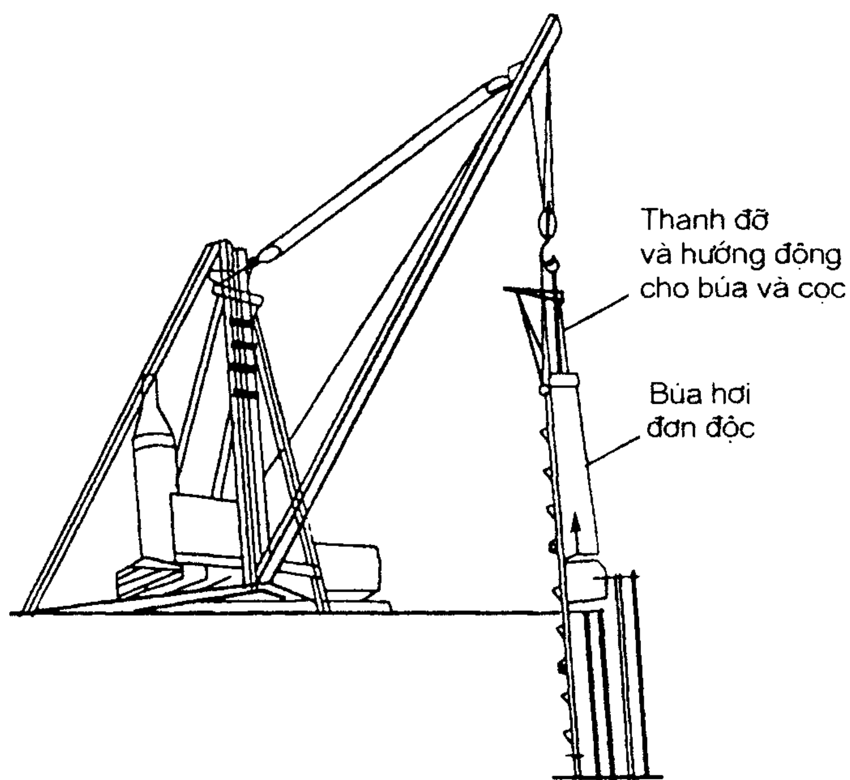
k - hệ số an toàn.

Lực tác động lên đầu cọc sẽ là:

$$C = \frac{1}{k} h \left( 1 + \frac{\omega S}{P} \right) \frac{P}{P + 3p}$$



***Hình 2-25**. Hạ cọc bằng búa hơi đơn động và cần trục cột buồm*




***Hình 2-26**. Hạ cọc nhờ cần trục và giá điều chỉnh độ nghiêng*

**3. Nhóm thứ 3: Búa DIESEL**

Đây là một loại búa làm việc dựa trên nguyên lý của động cơ nổ 2 thì.

Ưu điểm của búa diesel là:

- Trọng lượng nhẹ;

- Làm việc không cần có nguồn năng lượng từ ngoài vào như nồi hơi, máy nén khí, động cơ điện..., do đó rất cơ động;

- Giá rẻ, lắp đặt nhanh, sử dụng ít công nhân;

Nhược điểm của búa diesel là có tới 50% động lượng của búa tiêu hao vào việc nén khí.

Tính năng của búa diesel:

- Chiều cao rơi búa: 0,6 ÷ 1,8m;

- Trọng lượng tổng cộng của búa: 1250 ÷ 5000 kg;

- Trọng lượng của búa: 250 ÷ 2500kg;

- Số lượng nhát búa đóng trong 1 phút: 50 ÷ 75 nhat.

Công thức tính toán lực tác động của búa diesel:

Gọi: C - lực tác động của búa lên đầu cọc;

e - độ xuyên của cọc sau 30 nhát búa cuối cùng (cm)

$$C = \frac{198}{e + 1}$$

Chọn búa đóng cọc:

Để chọn búa đóng cọc thích hợp cần phải dựa vào năng lượng xung kích của búa.

Năng lượng xung kích của búa có thể dựa theo tính toán mà cũng có thể lấy ngay ở hồ sơ tính năng kỹ thuật của búa:

Công thức tính toán năng lượng xung kích của một nhát búa:

$$E = \frac{Qv^2}{2g} \qquad \text{(kgm)}$$

Trong đó: E - năng lượng xung kích của búa (kgm);

v - tốc độ rơi của búa (m/sec);

g - gia tốc trọng trường ($m/sec^2$);

Q - trọng lượng xung kích hay trọng lượng phần chày của búa (kg).

Động năng của búa một phần tiêu hao cho việc hạ cọc, một phần khác tiêu hao làm biến dạng đàn hồi đầu cọc gây hư hỏng cọc. Năng lượng xung kích của búa được chọn phải thoả mãn điều kiện:

$$E \geq 25\,P$$

Trong đó : P - khả năng chịu tải của cọc tính theo kG.

Sau khi đã chọn được búa theo công thức trên thì cần kiểm tra lại xem búa đã chọn có thích hợp với trọng lượng của cọc không theo công thức:

$$K = \frac{Q + q}{E}$$

Trong đó: K - hệ số chỉ sự thực dụng của búa;

Q - trọng lượng xung kích của búa (kg);

q - trọng lượng cọc (kể cả trọng lượng mũ cọc) (kg);

E - năng lượng nhát búa (kgm).

Hệ số thực dụng K của búa phải nằm trong phạm vi quy định sau đây:

- Đối với búa treo: K = 1,7 ÷ 2,0;

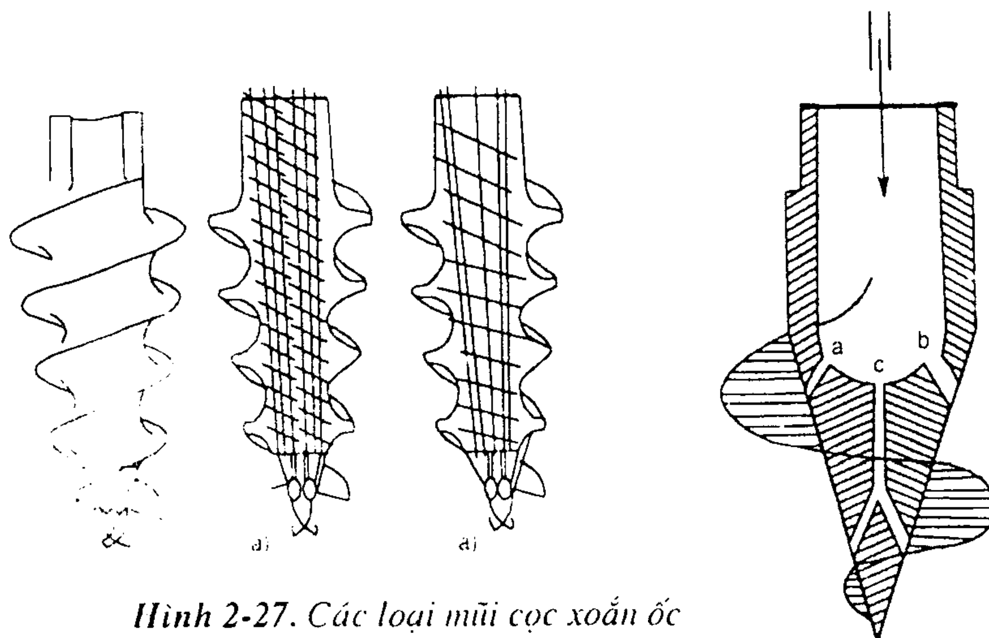
- Đối với loại búa hơi đơn động: K = 3,0 ÷ 3,5;

- Đối với búa hơi song động và búa diesel K = 4,0 ÷ 5,0.

Nếu K lớn hoặc nhỏ hơn các số liệu trên đều không phù hợp, hoặc búa quá nhỏ so với cọc khi đóng sẽ làm vỡ, làm nứt đầu cọc, hoặc quá nặng làm cho cọc bị lún quá chiều sâu cần thiết.

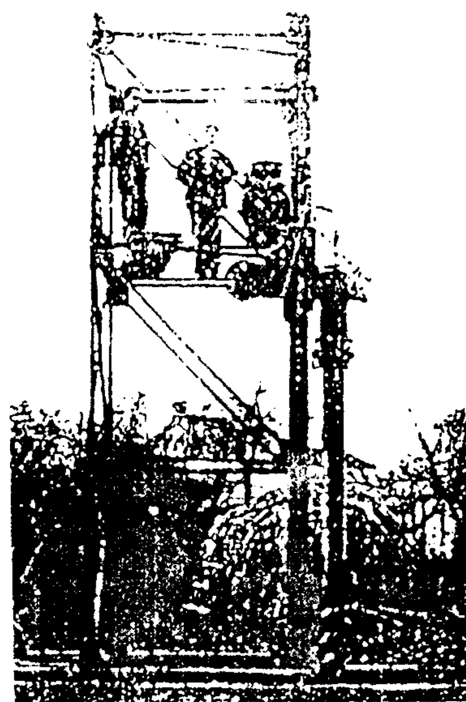
V. CÁC PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG KHÁC:

**1. Phương pháp thi công cọc đinh ốc**




*Hình 2-27. Các loại mũi cọc xoắn ốc*

Cọc xoắn hay cọc đinh ốc cấu tạo gồm thân cọc bằng bê tông cốt thép đúc sẵn đầu có dạng vít theo hình xoắn ốc. Việc bố trí khoảng cách các cánh xoắn ốc này tuỳ thuộc vào từng loại đất. Việc thi công tiến hành đơn giản bằng cách vặn xoắn để mũi cọc ăn sâu vào trong đất như kiểu bắt vít, do đó khắc phục được nhiều bất lợi của việc đóng cọc như không đòi hỏi phải dùng các thiết bị nặng, cồng kềnh và đắt tiền, không gây rung động và nứt nẻ nguy hiểm cho các công trình chung quanh (hình 2-27, 2-28).



*Hình 2-28. Thi công cọc xoắn ốc bêtông cốt thép bằng thiết bị đơn giản*

Lần đầu tiên loại cọc này được sử dụng vào năm 1833 ở Belfort do kỹ sư người Anh là Michell sáng chế, mũi cọc dạng vít bằng gang để giữ phao tiêu.

Sau đó ở Anh và Mỹ cọc được sử dụng trong xây dựng các trụ đèn pha, móng cho đê chắn sóng, móng nhà và cầu cống.

Ở Vénézuela đã xây dựng một cầu cạn có 50 trụ trong đó có 37 trụ được sử dụng cọc xoắn.

Năm 1880 ở Áo đã xây dựng cầu Vouneuil sur la Vienne gồm 5 nhịp 19m trong đó có 3 trụ sử dụng cọc xoắn mỗi trụ 17 cọc.

Hiện nay ở Anh người ta đã thi công những cọc xoắn sâu tới 30m với đường kính thân cọc rỗng là 1,06m và đường kính của cánh xoắn lên tới 3,0m.

Đối với các loại cọc vít thông thường thân cọc có 2 chức năng:

- Truyền tới các cánh xoắn ốc lực vặn của máy trong quá trình thi công.

- Sau khi xoắn xong thì thân cọc chịu tải như những cọc chống thông thường.

Hiện thời ở Pháp người ta sử dụng cọc vít hoàn toàn bằng bê tông cốt thép do Grimaud sáng chế thi công bằng các phương tiện đơn giản và sử dụng trong nhiều mục đích khác nhau.

Theo phương pháp này, cọc được đổ nằm trên đất thân cọc hình bát giác mũi cọc là những cánh xoắn ốc, các cốt thép dọc được liên kết với mũi cọc bằng gang có hình đuôi cá để phá đất đá. Cọc rỗng suốt toàn bộ chiều dài. Cần chú ý là tim của mũi cọc phải trùng tâm với tiết diện cọc để tránh sự lệch tâm gây khó khăn và nguy hiểm khi hạ cọc.

Tùy thuộc vào kích thước, chiều dài cọc và tính chất đất việc hạ cọc có thể dùng thủ công hoặc cơ giới.

Trường hợp hạ cọc bằng thủ công người ta trang bị cho cọc một vành đai bằng kim loại xung quanh có nhiều tay vịn. Công nhân dựa vào tay vịn đó để vặn cho cọc ăn sâu dần xuống đất, thông thường mỗi lần vặn cọc ăn sâu được một bước của cánh vít. Phương pháp thủ công này thường chỉ dùng đối với coc nhỏ và ngắn để làm móng tường. Cọc có thể đứng hoặc xiên.

Trường hợp dùng máy thì thiết bị quay cũng rất đơn giản, chỉ cần có một giá để nâng và giữ cọc, một thiết bị quay được đặt trên sàn công tác. Đầu cọc được gắn vào một đai liên kết với bánh xe nằm ngang của máy.

Khi phải xoắn qua những lớp đất cứng hoặc cuội sỏi để việc thi công dễ dàng người ta trang bị thêm những vòi phun nước áp lực cao lắp ở đầu mũi cọc. Khi ngừng phun nước thì các hạt đất mịn sẽ tự động lấp kín các khe hở giữa đất và mũi cọc làm cho cọc chắc và ổn định.

Trong trường hợp đất rỗng có bùn thì có thể làm thêm dọc theo thân cọc một hay nhiều hàng xoắn ốc khác để nâng cao khả năng chịu tải của cọc.

Khi cọc xoắn xuống lớp đất cát hạt to hay cuội sỏi thì có thể bơm vữa xi-măng qua các lỗ ở thân cọc, mục đích để cọc được ngàm chặt vào lớp đất đá phía dưới và cũng có thể mở rộng chân cọc.

Hiệu quả của việc sử dụng cọc vít trong trường hợp này khá rõ ràng, nếu như sử dụng cọc vít dài 7,5m thì khả năng chịu tải ngang với cọc đóng dài 14m.

Cọc xoắn hay cọc vít thường được sử dụng trong trường hợp móng chịu lực nhỏ, cọc có thể thẳng đứng hoặc xiên.

Thông thường nếu thi công thủ công trong đất mềm và đồng nhất thì năng suất vào khoảng 4 phút được một mét dài; nếu sử dụng các máy móc đơn giản thì năng suất độ 2 phút/mét; trường hợp phải xoắn qua các lớp cát sỏi thì năng suất chỉ đạt 15 phút/mét.

Tính toán khả năng chịu tải của cọc vít:

Thông thường người ta tính toán khả năng chịu tải của cọc vít dựa theo công thức của Bénobencq:

$$P = \left[ \Delta L tg^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \Omega - Q \right] \alpha$$

Trong đó: Δ- dung trọng trung bình của các lớp đất cọc phải xuyên qua;

L - chiều dài cọc;

φ - góc ma sát tự nhiên của lớp đất mà các cánh vít ở mũi cọc ăn vào;

Ω- tiết diện tổng cộng của các cánh vít;

Q - trọng lượng cọc;

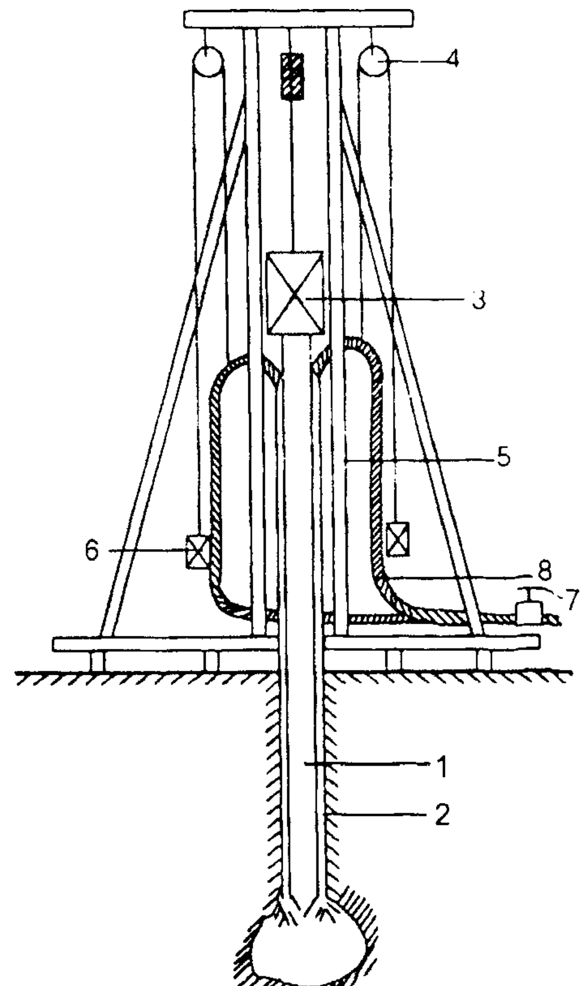
α - hệ số an toàn (α ≥ 6).

**2. Phương pháp hạ cọc bằng xói nước**

Đóng cọc trong cát hoặc trong sỏi rất khó khăn, lúc này nền đất làm việc như một tấm đệm đàn hồi. Trường hợp này người ta có thể dùng phương pháp hạ cọc bằng xói nước: dùng tia nước có áp lực cao phun xuống dưới đầu cọc để làm lở đất hoặc làm tơi đất, một phần đất lở này theo nước bốc lên trên dọc theo thân cọc như vậy sẽ làm giảm ma sát ở chung quanh thân cọc và giảm lực cản ở mũi cọc, cọc sẽ thụt dần xuống do trọng lượng của bản thân và trọng lượng búa đặt trên đầu cọc.

Theo cách này người ta ghép xung quanh cọc 2 hoặc nhiều ống thép có kích thước từ 27÷35mm và bơm nước cao áp vào các ống này. đối với đất cát áp lực nước khoảng 3÷4atm, còn đối với cuội sỏi áp lực nước có thể lên đến từ 8 ÷ 20amt. Bằng biện pháp xói lở đất như vậy người ta có thể hạ cọc xuống mọi loại đất (hình 2-29).

Áp lực của tia nước và lưu lượng nước sử dụng trong khi thi công có ảnh hưởng rất lớn đến công tác hạ cọc. Muốn làm đất xói lở và chuyển lên mặt đất những loại đất dính như đất thịt, đất sét, pha cát, đất phù sa chắc thì cần




***Hình 2-29.*** *Sơ đồ làm việc của thiết bị hạ cọc bằng xói nước*

1. Cọc; 2. Ống xói; 3. Búa
4. Ròng rọc; 5. Giá đỡ;
6. Đối trọng để giữ ống xói;
7. Van đóng mở và điều chỉnh nước cao áp;
8. Ống dẫn nước cao áp

phải có áp lực nước lớn để tạo ra tia nước mạnh, trong khi đó chỉ cần một lưu lượng tương đối nhỏ. Ngược lại nếu hạ cọc xuống đất cát thì lưu lượng lại cần phải lớn để dưa những hạt cát lên cao còn tia nước làm tơi đất đá lại không cần mạnh.

Các thiết bị để hạ cọc bằng tia nước gồm một máy bơm và các đường ống dẫn nước cao áp, ống xói.

Thông thường người ta dùng máy bơm ly tâm có công suất từ 600 ÷ 3500lít/phút và có thể tạo được áp lực từ 3 ÷ 22atm. Đầu ống xói có một miệng thu hẹp bằng 0,3 đường kính ống để làm tăng áp lực của tia nước. Hiện nay có những loại ống xói phun ra nhiều tia nước, đầu ống xói có từ 5 ÷ 9 lỗ phun có những lỗ phun nước ngược lên trên để vận chuyển đất cát lên trên mặt đất.

Kinh nghiệm cho biết rằng: khả năng chịu tải của những cọc hạ bằng xói nước trong đất cát không thua kém khả năng chịu tải của những cọc đóng bằng búa nếu sau khi cọc xuống cách độ sâu thiết kế độ 1,0 đến 1,5m người ta ngừng xói nước và đóng thêm cho cọc một số nhát búa để đưa cọc đến vị trí thiết kế. Khi đó các ống xói đã được đưa lên cao và do tác động của búa mà đất cát xung quanh bị rung động chuyển dịch rồi lèn chặt ở mũi cọc và chung quanh cọc rất nhanh.

Khi phải hạ những cọc có kích thước lớn và sâu người ta sẽ phối hợp giữa máy chấn động gắn trên đầu cọc và tia nước cao áp. Với phương pháp kết hợp này có thể hạ những cọc đạt độ sâu tới 30 ÷ 40m.

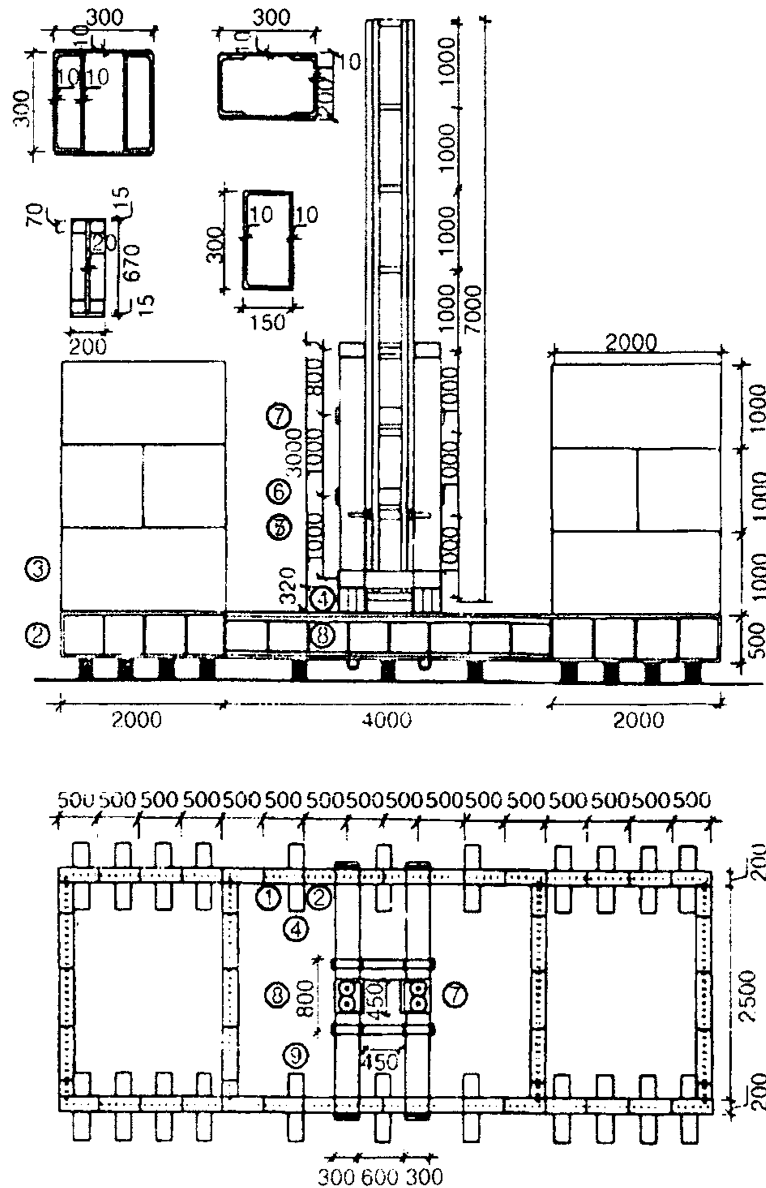
### 3. Phương pháp thi công ép cọc

Cọc đúc sẵn có những ưu điểm như: chất lượng của vật liệu cọc có thể được kiểm tra trước khi hạ cọc và sức chịu tải cọc lớn do đất chung quanh cọc bị nén chặt và tốc độ thi công của cọc đóng so với các loại cọc khác cũng nhanh hơn.

Nhược điểm của phương pháp đóng là gây ra tiếng ồn lớn, gây rung động trong quá trình đóng ảnh hưởng xấu đến môi trường và các công trình lân cận đặc biệt là các khu đông dân cư.

Để khắc phục những nhược điểm nêu trên người ta đã sử dụng công nghệ cọc ép. Theo giải pháp này các cọc được hạ xuống đến độ sâu thiết kế bằng cách nén tĩnh.

Nguyên lý của phương pháp này là thiết bị được neo xuống đất hoặc giữ bằng đối trọng và các cọc được ép xuống bằng hệ thống kích thủy lực (hình 2-29b).



*Hình 2-29b. Sơ đồ máy ép cọc*

Lực ép của thiết bị phụ thuộc vào sức nén của kích và trọng lượng của hệ đối trọng hoặc khả năng chịu tải của neo.

Dựa trên cách thi công người ta có thể phân chia thành 2 phương pháp ép cọc: phương pháp ép trước; và phương pháp ép sau.

*a. Phương pháp ép trước*

Phương pháp ép trước là trường hợp cọc được thi công có phần đài cọc. Theo phương pháp này đối trọng được đặt trên một dàn thép và thiết bị ép được gắn với dàn thép này. Thi công ép trước không gian ít bị hạn chế, người ta có thể dùng các đoạn cọc dài đến $6 \div 7$m tùy theo giá ép, do đó số lượng mối nối không nhiều chất lượng cọc đảm bảo, mặt khác trường hợp có cọc không đảm bảo yêu cầu thì có thể ép thêm cọc khác bổ sung và tăng cường. Để thi công theo phương pháp ép trước nếu mặt bằng công trình chật hẹp không cho phép sử dụng cần trục để tháo lắp dàn ép và xếp dỡ đối trọng thì người ta phải dùng neo vặn vào đất bằng thủ công để giữ dàn ép.

*b. Phương pháp ép sau*

Phương pháp ép sau là phương pháp cọc được thi công sau khi đã làm móng. Các bản móng được thiết kế đặc biệt có để sẵn các lỗ để chờ ép cọc và neo.

Thường người ta chỉ ép cọc sau khi đã xây được 2, 3 tầng nhà, bởi lúc này công trình làm chức năng của đối trọng, do vậy các đoạn cọc dùng để ép có chiều dài hạn chế, nó phụ thuộc chiều cao tầng 1 của nhà. Chất lượng cọc thi công theo phương pháp ép sau có độ tin cậy thấp do cọc có nhiều mối nối. Sức chịu tải của cọc phụ thuộc vào trọng lượng hữu ích của bộ phận công trình được huy động cho việc ép cọc nên thường không lớn (khoảng 20 tấn).

Áp dụng phương pháp này thường để thi công trong những điều kiện công trình rất chật hẹp, nơi không thể huy động các thiết bị lớn cồng kềnh như các công trình sửa chữa, chống lún, xây chen... và sức chịu tải không lớn.

Công nghệ cọc ép được sử dụng lần đầu tiên ở Việt Nam vào năm 1983 để sửa chữa chống lún cho khách san La Thành. Cọc hợp thành bởi các đoạn có chiều dài 60cm được nối với nhau bằng các chốt thép. Cho

đến nay cọc ép được sử dụng tương đối rộng rãi tại các thành phố cho các nhà xây mới.

Thiết bị ép cọc được sản xuất trong nước có lực ép hạn chế thường khoảng 60 ÷ 80 tấn. Theo kinh nghiệm thì loại máy này không thể ép các cọc xuyên qua những lớp đất có sức kháng xuyên lớn hơn 4 MPa. Kích thước tiết diện của cọc thông thường 25 × 25cm với sức chịu tải khoảng trên dưới 30 tấn.

Một nhược điểm nữa của phương pháp ép cọc là ảnh hưởng do sự phục hồi cường độ của đất trong khoảng thời gian dừng ép để hàn nối đoạn cọc sau. Thời gian cần thiết để hoàn thành một mối nối không ít hơn 30 phút, nhiều trường hợp sau khi kết thúc mối hàn cọc sẽ không thể tiến sâu xuống nữa khi tiếp tục ép.

Do hạn chế của thiết bị nên kích thước của cọc không lớn, chiều sâu cọc ép bị hạn chế và sức chịu tải nhỏ nên công nghệ ép cọc nói chung chỉ thích hợp cho các công trình vừa và nhỏ có tải trọng không lớn.

## Chương III
# CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐỔ TẠI CHỖ

Theo phương pháp này người ta đào hoặc khoan một lỗ hình tròn xuyên qua các lớp đất cho tới chiều sâu đặt cọc sau đó tiến hành đổ bê tông.

Cọc có thể đứng, xiên, có đặt hoặc không đặt cốt thép.

Việc tạo lỗ có thể được thi công bằng cách đóng hoặc vặn xoắn một ống thép xuống đất, ống thép này có thể rút lên tái sử dụng hoặc để nằm lại công trình.

Có rất nhiều phương pháp thi công cọc bê tông cốt thép đổ tại chỗ. Về nguyên tắc tính toán và trình tự thi công các loại cọc bê tông cốt thép đổ tại chỗ giống nhau. Sự khác biệt của các phương pháp chỉ là cách tạo lỗ và đổ bê tông.

Sau đây là một số phương pháp thi công chủ yếu :

### I. PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG THỦ CÔNG

Khi lớp đất tốt ở không sâu lắm, giải pháp đơn giản nhất là đào dưới móng cột một giếng mà tiết diện của giếng tỷ lệ với lực tác dụng bên trên, những giếng này thường đào thủ công và có đường kính không nhỏ hơn 0,7m. Nếu là móng của tường thì các giếng này đào cách nhau từ 4,0 ÷ 5,0m liên kết với nhau bằng một dầm hoặc vòm được tính toán để chịu được tải trọng bên trên.

Nếu phải đào qua lớp đất có nước ngầm, người ta phải sử dụng ống bao bằng thép hoặc bằng bê tông cốt thép có lưỡi cắt bằng kim loại. Trước tiên đào rãnh bên trong dọc theo chu vi ống bao để cho ống bao hạ dần xuống đất, sau đó lại đặt một đoạn ống bao mới lên ống bao cũ và lại tiếp tục đào để hạ dần xuống. Khi đào đến cốt thiết kế thì tiến hành đổ bê tông mác thấp vào trong ống bao, bởi vì lớp ngoài chính là ống bao nằm

lại trong công trình sẽ bảo vệ lớp bê tông này. Đoạn giếng dưới cùng có thể mở rộng diện tích để tăng thêm khả năng chịu lực.

Cách đào giếng theo kiểu thủ công này, với loại kích thước từ 1,5 ÷ 2,5m thì ở một số nước đã đạt được độ sâu tối đa tới 50m đối với loại đất dính và trong trường hợp nước ngầm xâm nhập vào giếng không nhiều.

Tuy vậy nhìn chung phương pháp này đắt và ít được sử dụng vì tốc độ thi công chậm và nó đòi hỏi kích thước giếng phải đủ lớn để người ta có thể thi công ở bên trong vì thế thi công theo phương pháp này chỉ được thực hiện đối với móng nông và có những khó khăn đặc biệt mà không sử dụng cơ giới được.

## II. THI CÔNG CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐỔ TẠI CHỖ THEO PHƯƠNG PHÁP NÉN ĐẤT

Phương pháp này đã được áp dụng từ lâu ở nước Pháp chủ yếu dùng cho loại đất không đồng nhất kể cả đất đắp.

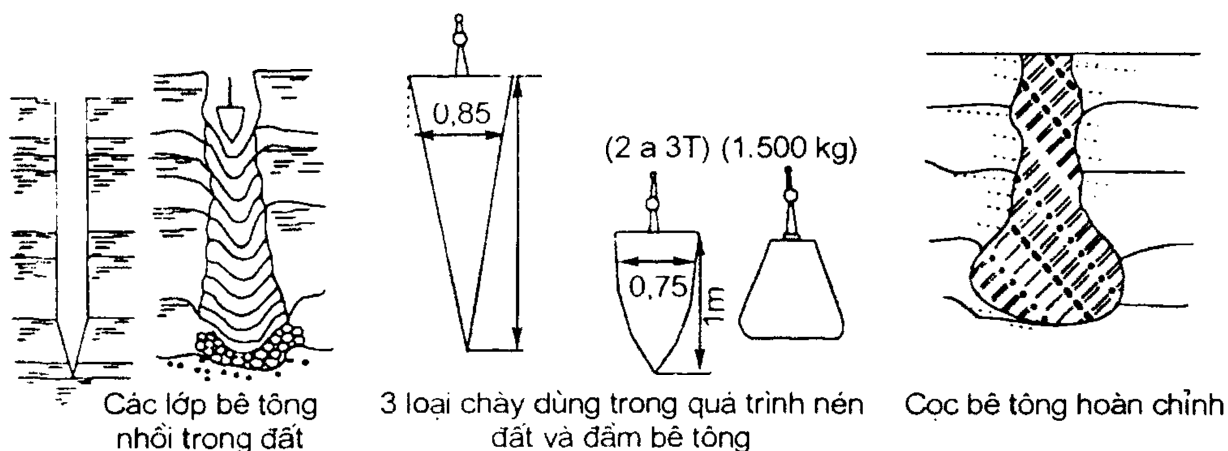
Người ta tạo lỗ bằng cách đóng xuống đất một mũi nhọn hình chóp bằng thép có trọng lượng khoảng 2 tấn cho rơi tự do tuỳ chiều cao của giá búa, như vậy đất chung quanh lỗ cũng được nén chặt, vì vậy mà không cần chống thành. Đường kính của chày thường từ 75-85cm.

Nếu cần phải xuyên qua một lớp đất có nước, người ta lấp vào hố đào bên trên lớp nước một khối lượng đất sét và xuyên chày tiếp tục như trên. Đất sét sẽ được ép chặt ra chung quanh và bịt kín thành tạo thành một lớp chống thấm cho hố đào, đảm bảo thành hố ổn định không sụt lở trong thời gian đổ bê tông.

Việc xuyên tạo hố sẽ chấm dứt khi chày không ăn sâu vào đất được nữa (tính toán theo độ chối thiết kế). Lúc này người ta tiến hành đổ hỗn hợp sỏi đá có trộn vữa xi măng cát (thực chất là một loại vữa bê tông rất khô) và sử dụng một loại chày thứ 2 có hình khum thay thế chày nhọn xuyên đất để ép vật liệu ra mọi hướng và cứ tiếp tục như vậy cho đến hết chiều cao của cọc.

Lớp trên cùng người ta sử dụng loại chày thứ 3 bằng mặt để đầm bê tông.

Thi công theo phương pháp này đối với vùng đất yếu thì cọc qua lớp đất ấy sẽ phình ra và có tiết diện lớn hơn so với tiết diện cọc qua vùng đất cứng. Trong mọi trường hợp mũi cọc bao giờ cũng phình to ra (nhiều khi rất lớn) và như vậy bao giờ cũng thoả mãn khả năng truyền tải từ móng xuống đất chưa kể lực ma sát giữa cọc và đất trong trường hợp này tăng lên đáng kể (hình 2-30).




***Hình 2-30.*** *Cọc bê tông đổ tại chỗ theo phương pháp nén đất*

Khả năng chịu tải của cọc bê công cốt thép đổ tại chỗ thi công theo phương pháp nén đất này được xác định theo công thức:

$$C = \frac{p^2H}{KE(P+p)} + (P+p)$$

Trong đó: P - trọng lượng quả đầm mặt bằng;

H - chiều cao rơi đầm;

p - trọng lượng cọc bê tông;

E - độ chối trung bình (sau 5 nhát cuối cùng);

S - diện tích mặt dưới của đầm;

K - hệ số an toàn (K = 2 ÷ 3).

Cũng có trường hợp người ta sử dụng công thức đơn giản hơn :

$$C = \frac{PH}{3ES}$$

## III. CÁC PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐỔ TẠI CHỖ SỬ DỤNG ỐNG BAO

Theo phương pháp thi công sử dụng ống bao người ta lại phân thành 2 nhóm chính:

- Nhóm thứ nhất: Thu hồi tái sử dụng ống bao;
- Nhóm thứ hai: Bỏ lại ống bao trong đất.

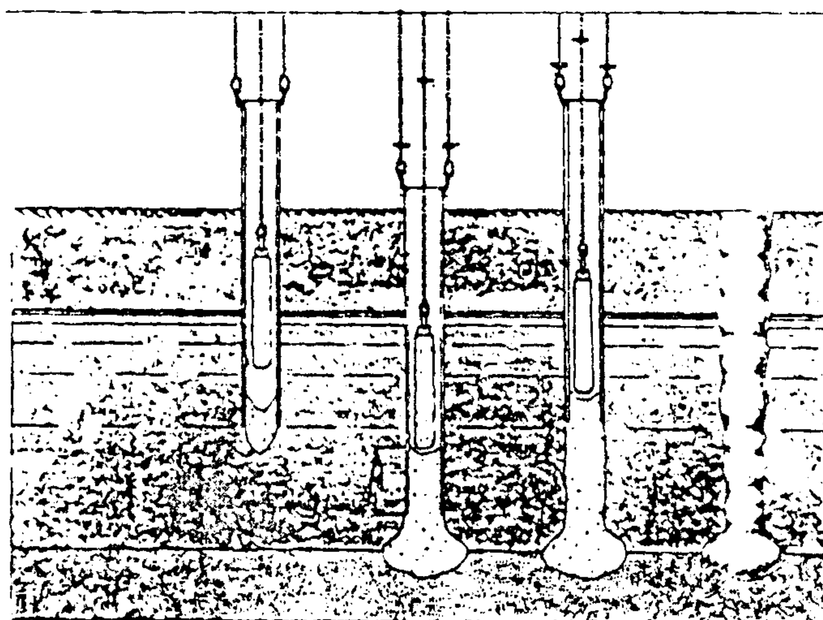
Mỗi nhóm trên đây có hàng chục phương pháp thi công khác nhau do các công ty xây dựng của nhiều nước thực hiện, chúng ta sẽ không đi sâu cụ thể vào từng phương pháp mà chỉ giới thiệu những tính chất chung cơ bản nhất của các phương pháp đó.

### 1. Cọc đầm đóng

Ống thép có đường kính 400 ÷ 550mm được đặt vuông góc với mặt đất, người ta đổ vào trong ống một lượng bê tông khô cao khoảng 0,8 ÷ 1,0m xong, dùng quả đầm hình trụ nặng 2 ÷ 3 tấn để đầm chặt bê tông tạo thành cái nút bịt đầu ống. Khi tiếp tục đầm nút bê tông sẽ ăn sâu xuống đất kéo theo cả ống nòng. Nhờ có nút này nước và đất sẽ không vào được trong ống. Mặt khác khi hạ ống, đất ở chung quanh ống bị lèn rất chặt tạo nên vách chống sụt lở sau này.

Khi ống đã được hạ xuống tới cao trình thiết kế hoặc khi độ chối đã đạt trị số quy định, người ta dùng cáp nâng ống lên một chút và dùng quả đầm để đầm rất mạnh vào nút bê tông, (trước đó người ta đã cho vào trong ống một ít bê tông để khi nút ống nòng bật ra thì bê tông sẽ giữ chỗ ngay không cho nước ở ngoài lọt vào trong ống). Sau đó cùng với đổ và đầm bê tông, người ta từ từ rút ống lên, mỗi lần khoảng 20 ÷ 50cm nhưng luôn luôn ở thấp hơn mặt bê tông đổ, mục đích giữ cho đất và nước không vào được trong ống bao và không lẫn vào làm giảm chất lượng bê tông.

Nhờ các nhát đầm mạnh mà bê tông được nén chặt và ép vào trong đất làm cho kích thước của cọc có hình thù sần sùi và lớn hơn kích thước ống nòng (hình 2-31)



*Hình 2-31. Trình tự thi công cọc đầm đóng*

Trường hợp cọc có cốt thép thì phải chuẩn bị sẵn cốt thép cho cọc. Khi hạ ống bao đến cốt thiết kế thì hạ cốt thép đã buộc sẵn xuống và đóng mạnh để tháo nút bê tông ra khỏi ống bao đồng thời tiến hành đổ bê tông như đã trình bày ở trên. Song, cần chú ý là kích thước quả đầm trong trường hợp này phải có cỡ nhỏ hơn để dễ dàng qua lại bên trong khung thép.

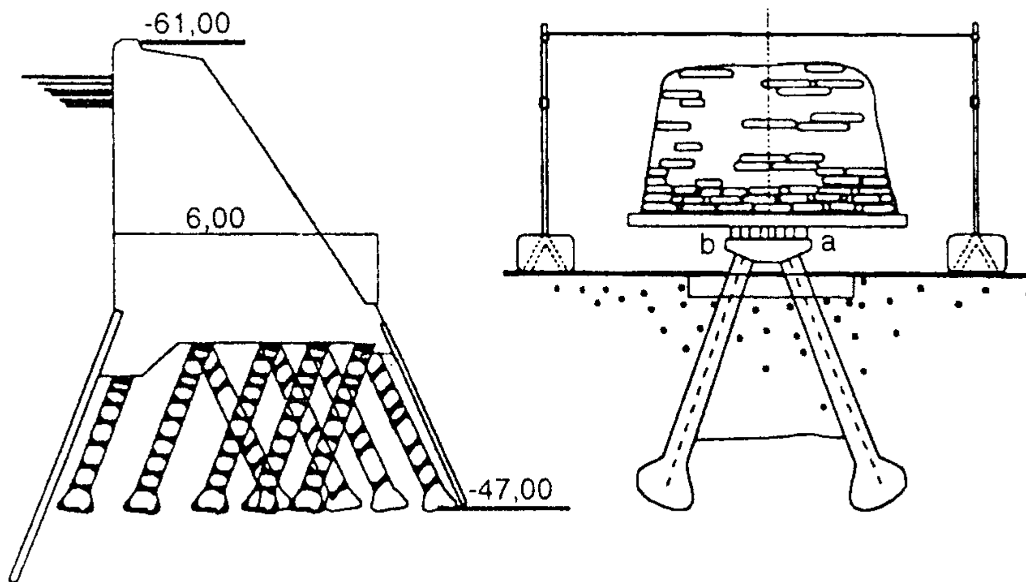
Khả năng chịu tải của loại cọc này được tính toán dựa trên 2 yếu tố:

(1) Khả năng chịu tải của đất ở mũi cọc và tiết diện phỏng đoán ở chân cọc dựa theo kinh nghiệm và số lượng bê tông sử dụng ở giai đoạn đầu tiên.

(2) Lực ma sát tổng cộng giữa cọc với đất dựa theo tính chất, chiều sâu và hệ số ma sát của từng lớp đất mà cọc đi qua.

Đối với loại cọc này lực chịu tải thông thường là từ 40 ÷ 80 tấn và chiều dài của cọc là 20 ÷ 25m.

Người ta có thể dùng phương pháp này để thi công các loại cọc nghiêng từ 5 ÷ 25°. Loại cọc nghiêng này bao giờ cũng là loại cọc có cốt thép trên suốt chiều dài của cọc (hình 2-32).

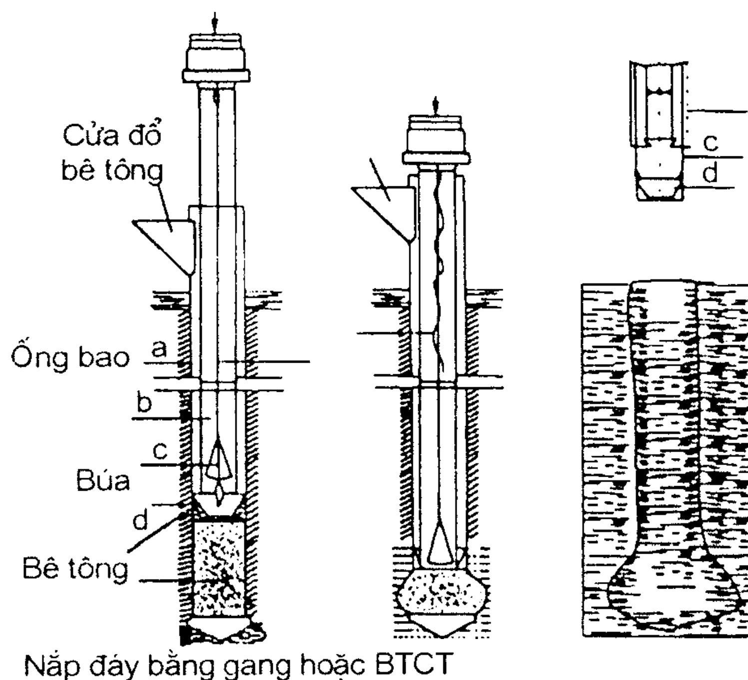



*Hình 2-31. Cọc đầm đóng nghiêng và cách kiểm tra cọc theo phương pháp nén tĩnh*

- Cọc đầm đóng có nắp đáy:

Người ta có thể thay thế nút bê tông bằng một nắp đáy hình chóp nón bằng gang để ngăn không cho nước và đất lọt vào trong ống trong quá trình hạ ống.

Khi đổ bê tông cọc thì nắp đáy sẽ bật ra khỏi ống bao cùng với bê tông và nằm lại trong đất (hình 2-33).




*Hình 2-33. Cọc đầm đóng có nắp đáy*

Tính toán khả năng chịu tải của cọc đầm đóng (theo Simplex):

$$C = \frac{2PH}{r + r_1} + \frac{2PHa}{(P+1)Af}$$

Trong đó : C - khả năng chịu tải của cọc;

r - độ chối trung bình của 5 nhát búa cuối cùng;

$r_1$ - độ chối trung bình của toàn bộ quá trình đóng cọc;

A - tiết diện ngang phần mũi cọc;

a - tiết diện phần cọc chịu lực ma sát;

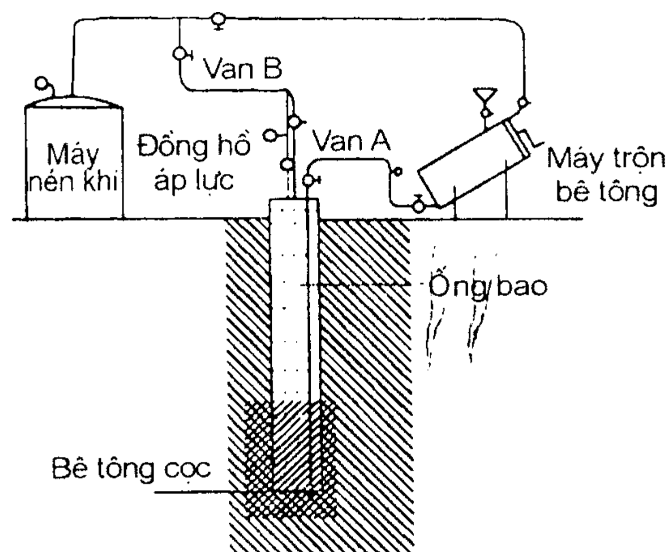
P - trọng lượng của búa (kg);

H - chiều cao rơi búa (cm);

f - hệ số an toàn ($f \geq 4$).

**2. Phương pháp dùng khí nén**

Người ta hạ ống bao thép kích thước từ ϕ250 đến ϕ500 xuống đất bằng cách khoan lấy đất bên trong ống ra mà không đóng. ống thép gồm các đoạn có chiều dài từ 2,0 ÷ 4,0m và nối với nhau bằng ren răng cưa. Đoạn ống trên cùng được bịt kín bằng mặt bích. Trên mặt bích này được trang bị 2 hệ thống van: một hệ thống van dẫn khí nén và một hệ thống van để thoát nước từ trong ống thép qua mặt bích ra ngoài (hình 2-34).




*Hình 2-34. Sơ đồ của thiết bị thi công cọc theo phương pháp dùng khí nén*

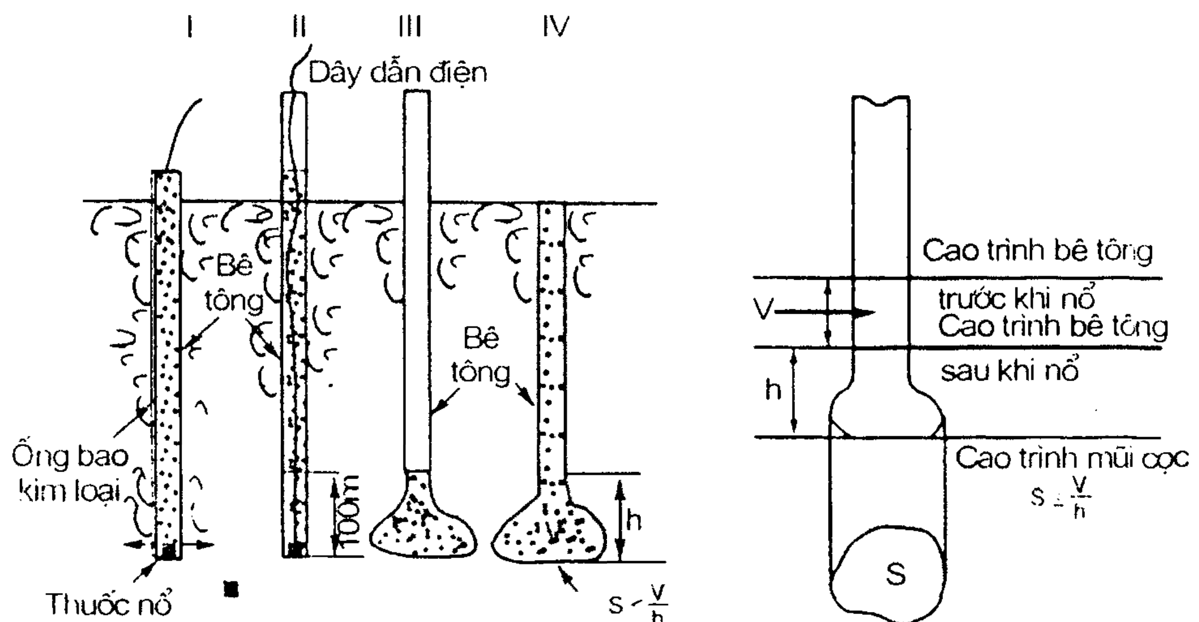
Khi đã hạ ống đến vị trí thiết kế, người ta lắp mặt bích và bơm khí nén vào trong ống bao qua van dẫn khí. Khí nén sẽ đẩy nước thoát hết ra ngoài lỗ khoan, lúc này người ta mới bơm bê tông vào trong ống bao. Khí nén có nhiệm vụ tạo một lớp bê tông phình ra ở mũi cọc, nén chặt lên bê tông và đẩy ngược lên nắp mặt bích làm cho ống bao bị kéo dần lên.

Khi đổ bê tông đợt cuối cùng (cách đầu cọc khoảng độ 50cm), người ta tháo hết các đoạn ống bao bên trên phần bê tông đã đổ ra lắp lại mặt bích và tăng mạnh áp suất khí nén. Lúc này, khí nén sẽ nâng hẳn ống bao lên và tạo ra một lực rất lớn nén xuống bề mặt bê tông làm cho bê tông chắc đặc đồng thời ép cho bê tông xuyên ngang vào các lớp đất.

Phương pháp thi công cọc bê tông cốt thép đổ tại chỗ được sử dụng phổ biến tại Mỹ, do các công ty WESTERN FOUNDATION USA, CORPORATION USA và MAC ARTHUR CONCRETE PILE thực hiện.

**3. Phương pháp sử dụng chất nổ**

Theo phương pháp thi công này, người ta đóng một ống thép hoặc một cọc gỗ xuống vị trí sẽ thi cọc. Khi ống thép hay cọc gỗ đã đến vị trí thiết kế thì người ta rút lên và hạ xuống đáy hố một lượng thuốc nổ có tính toán dựa theo yêu cầu làm việc của móng và tính chất của đất nền. Lượng thuốc nổ được bao gói để tạo thành một quả mìn định hướng theo phương ngang (hình 2-35).




*Hình 2-35. Sử dụng chất nổ để thi công cọc*

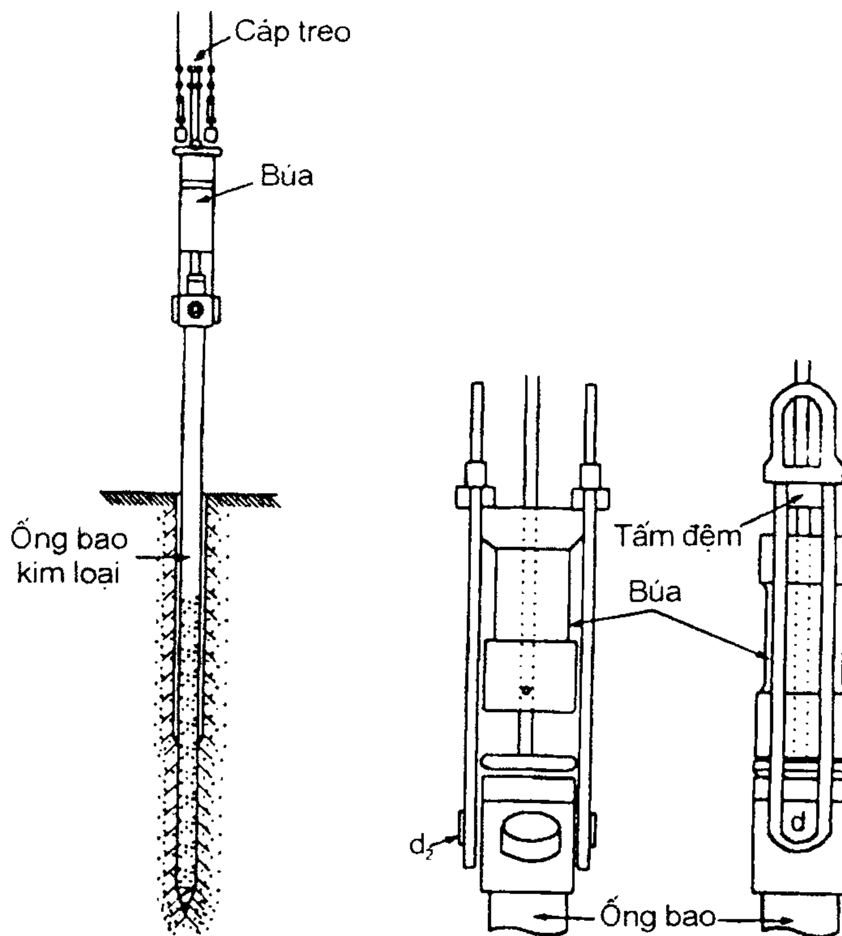
Nếu thành hố không ổn định, có thể lở thì cần phải có ống bao, ống bao thả xuống cách đáy hố khoan độ 1,0m.

Người ta đổ đầy bê tông vào ống bao hoặc hố do cọc gỗ tạo ra và gây nổ. Khí do chất nổ tạo ra không thể tự do thoát lên trên, hơn nữa đã được định hướng nên sẽ tạo ra ở chân cọc một hố lớn và ngay lập tức được dồn đầy bê tông. Sau đó bê tông tiếp tục được đổ xuống, người ta tiến hành đầm và rút ống bao lên từ từ.

Tính toán cọc thi công theo phương pháp này, người ta không kể lực ma sát ở phần thân mà chỉ kể phần tác dụng của mũi cọc.

**4. Phương pháp đóng và rung**

Ống thép đường kính 406mm có nắp đáy để chống nước được đóng xuống đất nhờ búa hơi. Búa có trọng lượng 2000kg. Độ rơi của búa 0,75 ÷ 1,0m. Khi ống đã hạ đến độ sâu thiết kế người ta đổ bê tông vào ống bao và búa hơi tiếp tục hoạt động.



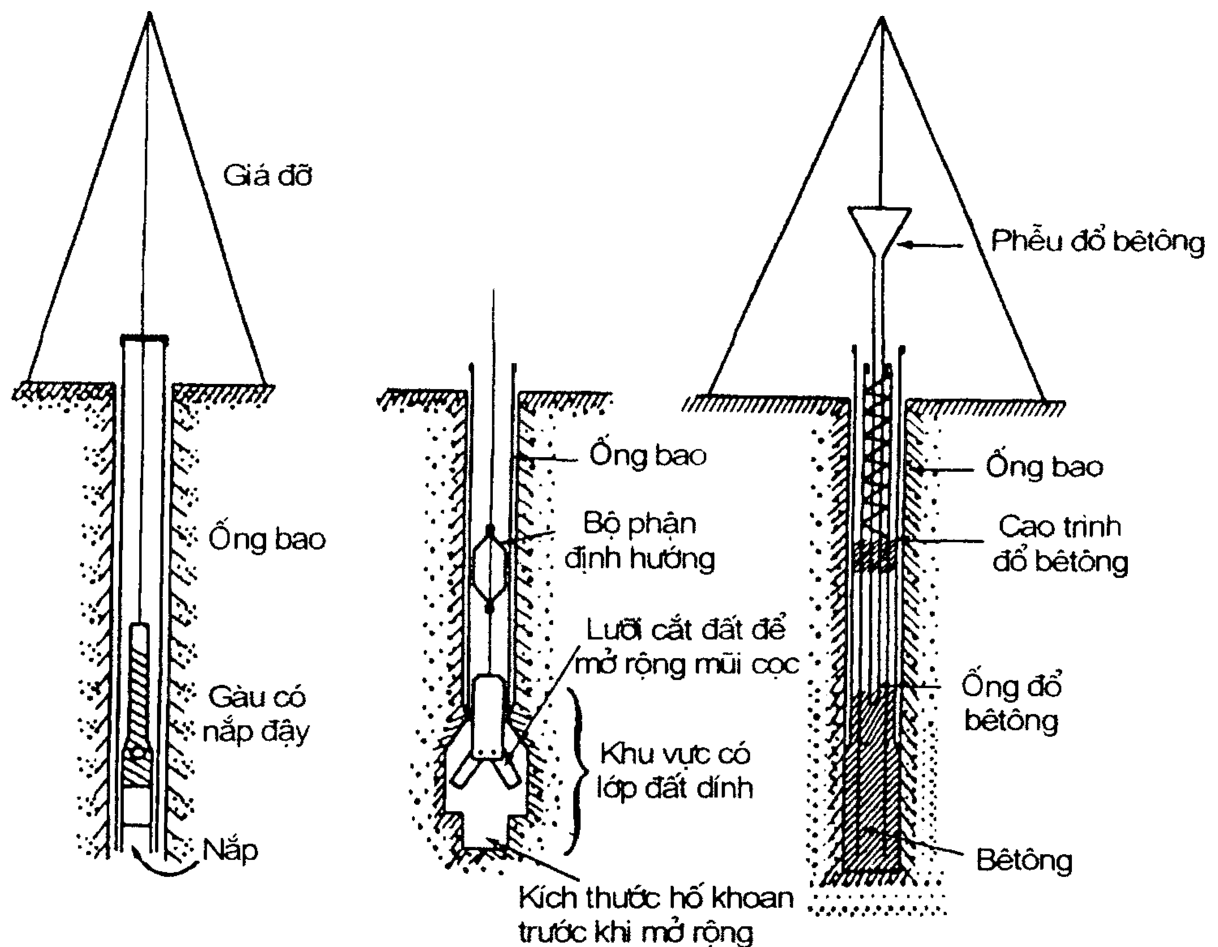

*Hình 2-36. Thi công theo cách đóng và rung*

Nhờ 2 tấm đệm gắn vào dây treo giữ cọc ở phía trên đầu búa, tác dụng lên xuống của búa với chu kỳ 80 nhát/phút sẽ tiến hành đồng thời cả việc đầm bê tông và nhổ ống bao (hình 2-36).

Khi búa bật lên đập vào tấm đệm làm ống bao bị đẩy lên đồng thời gây sụt bê tông khi búa nơi đập vào mũ của ống bao.

Thời gian thi công theo phương pháp này khoảng 1 giờ được 1 cọc dài 12m.

**5. Thi công dùng gầu nạo vét**




*Hình 2-37. Phương pháp dùng gầu nạo vét hố khoan*

Thi công theo phương pháp này, người ta khoan hố cọc tương tự như khoan thăm dò địa chất, người ta sử dụng chiếc gầu có nắp đáy rồi dùng lực xoay và ép để lưỡi cắt của gầu làm rã đất. Đất vụn do gầu làm rã ra được dồn vào gầu và đóng nắp lại rồi đưa lên mặt đất (hình 2-37). Lực ép

và tốc độ khoan phụ thuộc vào độ cứng của đất, nếu gặp đất quá cứng hoặc đá người ta có thể dùng khoan để phá. Còn khi phải xuyên qua các lớp đất rời rạc thì có thể phải dùng ống bao để giữ thành đất. ống bao là các đoạn ống thép ngắn liên kết với nhau bằng răng cưa.

Người ta có thể mở rộng tiết diện mũi cọc tăng gấp đôi tiết diện thường, nhưng phần mở rộng này phải nằm trong nền đất dính vì không thể sử dụng ống bao. Việc mở rộng này nhờ một loại mũi khoan đặc biệt và tiến hành sau khi gầu khoan hố đào đã khoan xong.

Cọc có thể đặt hoặc không đặt cốt thép. Việc làm sạch hố đào được tiến hành trước lúc đổ bê tông.

Khi đổ bê tông áp lực thuỷ tĩnh bên trong cọc do bê tông mới đổ gây ra sẽ tăng lên không ngừng và đến một lúc nào đó lực này sẽ lớn hơn lực đẩy của đất và cọc sẽ không còn nguy hiểm gì nữa. Lúc này, người ta sẽ rút dần ống bao lên đồng thời với việc tiếp tục đổ bê tông. Loại cọc này có thể thi công nghiêng khoảng $15^o$.

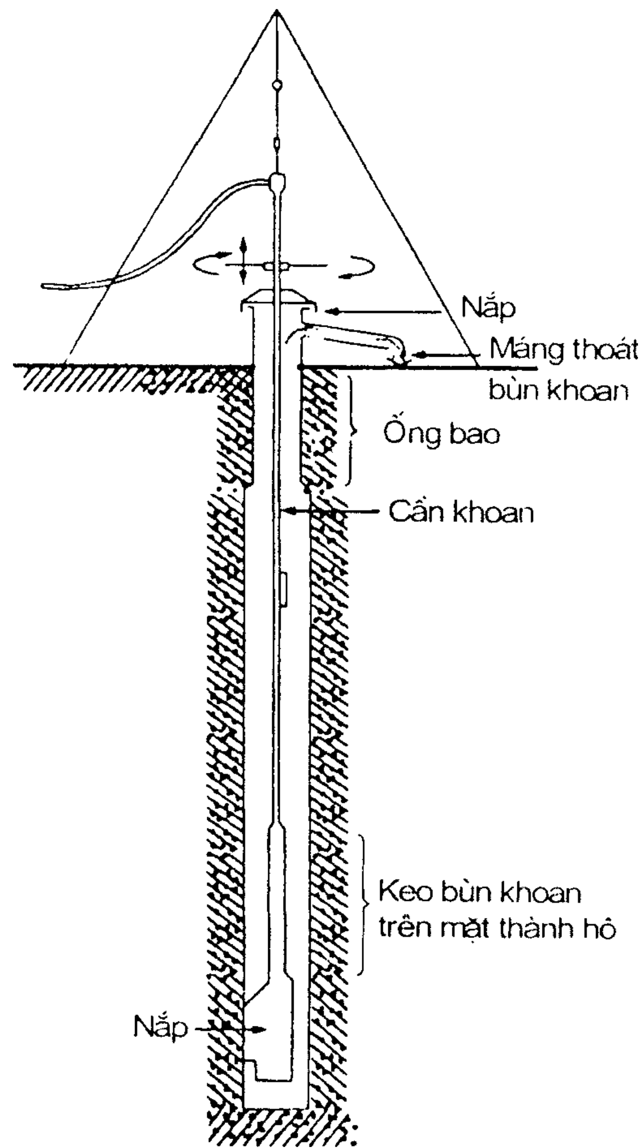
**6. Phương pháp thi công cọc sử dụng bùn khoan**

Phương pháp này thi công đào hố không cần sử dụng ống bao, nhưng không cho phép mở rộng chân cọc. Người ta dùng bùn khoan (hay nước nặng) để giữ thành hố khoan.

Bùn khoan là một loại chất lỏng dạng keo bao gồm chủ yếu là đất sét cực mịn hoà tan trong nước. Nhờ có dung trọng lớn hơn nước (khoảng 1,10) nó tạo ra một áp lực ở tất cả mọi điểm trong hố khoan lớn hơn áp lực đẩy của nước ngầm và tạo thành một lớp màng dính, do đó làm ổn định thành hố khoan.

Phương pháp thi công sử dụng bùn khoan cho phép xuyên qua bất kỳ loại đất nào và bất kỳ độ sâu nào với điều kiện là tiết diện của cọc không được thay đổi.

Dùng bùn khoan bảo vệ thành hố đào về lý thuyết hoàn toàn đảm bảo và không cần dùng ống bao, nhưng trong thực tế người ta vẫn sử dụng một đoạn ống bao ở phần trên hố khoan để bảo vệ hố khoan và dẫn hướng cần khoan (hình 2-38).




*Hình 2-38. Sơ đồ vận hành của phương pháp thi công cọc sử dụng bùn khoan*

Để chống sụt lở khi khoan, người ta sử dụng các loại máy khoan có tốc độ thấp. Loại cọc thi công theo phương pháp này thường có kích thước từ 500 đến 1000mm hoặc hơn nữa. Có thể thi công cọc nghiêng cho các loại cọc có kích thước nhỏ.

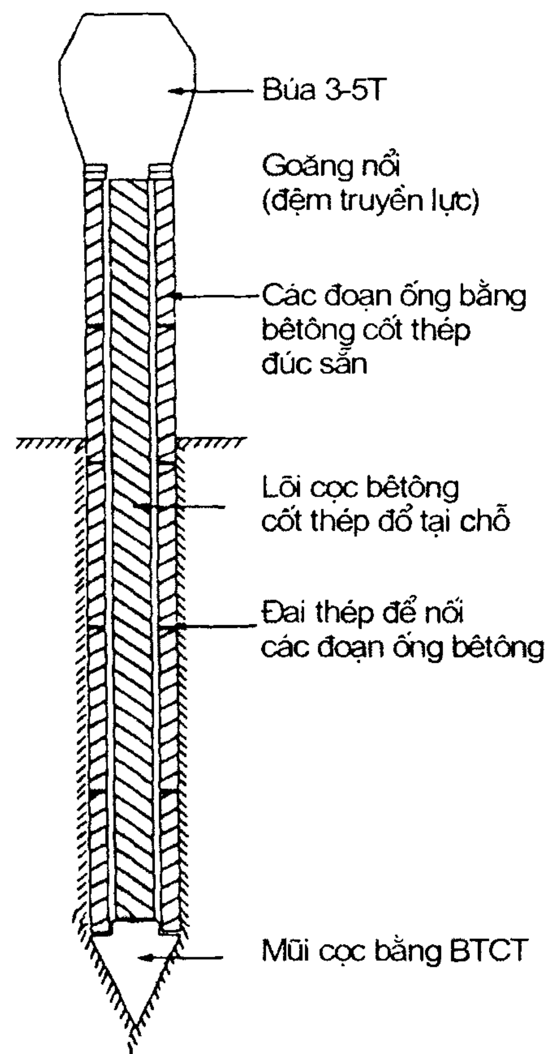
## IV. CỌC HỖN HỢP

Người ta đã tổng hợp ưu điểm của 2 loại cọc đúc sẵn và đổ tại chỗ trong việc thi công cọc hỗn hợp nhằm mục đích là loại bỏ những bất lợi và tồn tại của từng loại cọc.

Phương pháp thi công cọc hỗn hợp sau đấy đã được sử dụng trước hết ở Anh sau đó là ở Pháp với sáng chế của Công ty General de Construction de Fours ở Montrouge.

Cọc này bao gồm 1 mũi cọc và các đoạn ống bằng bê tông cốt thép đúc sẵn cùng với một lõi cọc bê tông cốt thép đổ tại chỗ.

Các ống bê tông cốt thép đúc sẵn này hay còn gọi là vỏ cọc có chiều dài 1m được nối với nhau bằng đai thép và ma tít. Các đai thép và ma tít đảm bảo các đoạn ống được nối chắc chắn với nhau thật kín khít để nước không lọt được vào trong thân cọc (hình 2-39).



*Hình 2-39. Cọc hỗn hợp lắp ghép và đổ bê tông toàn khối*

Hạ ống bê tông vỏ cọc nhờ một búa nặng từ 3 đến 5 tấn tác dụng lên một đệm đặc biệt đặt ở đầu cọc. Lực tác động chủ yếu của búa đi qua lõi truyền xuống mũi nhọn ở mũi cọc và một phần của lực này được truyền qua các ống bê tông để thắng lực ma sát và ấn các ống này xuống sâu cùng với lõi.

Sự tính toán và điều chỉnh lực này trong quá trình thi công được thực hiện nhờ một thiết bị và một lớp đệm đặc biệt gắn trên đầu cọc. Thi công theo phương pháp này thì sự rung động được giảm xuống đến mức tối thiểu.

Máy đóng cọc thông thường là một cần trục bánh xích nặng 30 T và một mô tơ 80 mã lực. Cần khoan được tựa lên giá lõi cọc và vỏ cọc được nối dài dần, thi công theo phương pháp này có thể đóng xuống đến độ sâu 30 m.

Sau khi đóng xong lõi được rút lên, người ta đặt cốt thép vào trong vỏ và đổ bê tông.

Phương pháp này có thể thi công các loại cọc nghiêng đến 30°, các loại cọc có đường kính từ 380 ÷ 525mm, chiều dầy của lớp vỏ bê tông từ 100 ÷ 150mm. Khả năng chịu tải của cọc này vào khoảng 30-100 T.

## V. ƯU KHUYẾT ĐIỂM CỦA PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐỔ TẠI CHỖ

### 1. Ưu điểm:

- Do việc nén bê tông trong ống bao nên chân cọc được mở rộng và ép bê tông vào đất do đó lực ma sát và khả năng chịu tải của cọc lớn hơn so với cọc bê tông trơn. Hơn nữa theo phương pháp này người ta có thể tạo được những cọc có thể tiết diện rất lớn (1,5m).

- Cọc đổ tại chỗ có thể được sử dụng khi phải xuyên qua các lớp đất chứa nước một cách tương đối dễ dàng trong khi các phương pháp thi công khác sẽ rất phức tạp và tốn kém.

- Có thể kết hợp việc thi công cọc với việc lấy mẫu và thử để kiểm tra cường độ của đất.

- Xác định chiều dài cần thiết của cọc một cách chính xác cho từng cọc. Việc này nếu dùng cọc đúc sẵn thì không thể làm được mà phải làm hàng loạt.

- Khi phải xuyên qua những lớp đất không đồng nhất (như đất đắp...) đất ít chắc thì dùng cọc đổ tại chỗ sẽ kinh tế hơn cọc đúc sẵn.

- Sử dụng thuận tiện để thi công những móng có mặt bằng chật hẹp và chiều cao không gian bị hạn chế như các công trình đô thị. Trường hợp này người ta sử dụng ống bao nối theo kiểu vặn.

- Không đòi hỏi mặt bằng để sản xuất chế tạo cọc và không mất thời gian chờ đợi cho bê tông đông cứng sau khi đổ để vận chuyển và đóng cọc.

- Bỏ được lượng sắt thép tính toán cho kết cấu chịu uốn vì cọc không phải vận chuyển và cẩu lắp.

- Nếu dùng xi măng nở thì sẽ tạo nên sự liên kết rất chắc giữa cọc đổ tại chỗ và đất.

- Có thể phối hợp cọc bê tông cốt thép đổ tại chỗ và cọc đúc sẵn hoặc cọc đổ tại chỗ có thép và không có cốt thép tuỳ điều kiện từng lớp đất phải xuyên qua.

**2. Nhược điểm**

- Người ta không nhìn thấy những gì đã thi công, đặc biệt là sự phân bố bê tông phía sát mặt trong của ống bao trong trường hợp bên ngoài ống bao đầy nước, hoặc có thể lúc rút ống tường đất bị sụt lở hay bê tông bị nứt nẻ. Để khắc phục tình trạng này (thực tế vẫn thường xảy ra) người ta đã tính tiết diện cọc bê tông cốt thép nhỏ hơn thì 5 ÷ 10 cm so với đường kính ống bao và gia cường thêm cốt thép cho cọc.

- Nguy hiểm có thể xảy ra đối với cọc kề bên, gây ra xói lở do việc rút ống bao.

- Nguy cơ không đồng nhất bê tông do đổ bê tông trong nước.

- Do bê tông tươi dễ bị ảnh hưởng của nước xâm thực tấn công nên phải dùng ống bao và để lại công trình, do đó giá thành cao và độ ma sát giữa cọc và đất nền kém.

- Cốt thép có thể bị dịch chuyển trong quá trình đổ bê tông cọc.

- Quá trình rút ống bao có thể gây nguy hiểm cho sự ổn định ngang của cọc.

# Chương IV

# THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI VÀ CỌC BARRETTE

Cọc khoan nhồi là một trong những giải pháp móng được áp dụng khá phổ biến để xây dựng nhà cao tầng trên thế giới nói chung cũng như ở Việt Nam nói riêng vào những năm gần đây, bởi vì cọc khoan nhồi đáp ứng được các đặc điểm riêng biệt của nhà cao tầng như :

- Tải trọng tập trung rất lớn ở chân các cột nhà.

- Nhà cao tầng rất nhạy cảm với độ lún đặc biệt là lún lệch, vì lún sẽ gây tác động rất lớn đến sự làm việc tổng thể của nhà.

- Nhà cao tầng thường được xây dựng trong khu vực đông dân cư mật độ nhà có sẵn khá dày. Vì vậy, vấn đề chống rung động và chống lún để đảm bảo an toàn cho các công trình lân cận là một đặc điểm phải đặc biệt lưu ý trong xây dựng loại nhà này.

Ngoài những ưu điểm của cọc khoan nhồi là thoả mãn được các yêu cầu trên, thi công cọc khoan nhồi sẽ tránh được tiếng ồn quá mức, hơn nữa nếu sử dụng móng barrette (một dạng đặc biệt của cọc khoan nhồi) làm các tầng hầm cho loại nhà này sẽ rất dễ dàng và có rất nhiều cái lợi: trước mắt là công trình được giảm tải trọng do lấy đi lớp đất các tầng hầm chiếm chỗ, mặt khác có tầng hầm thì nhà cao tầng sẽ tăng độ ổn định khi chịu lực ngang, hơn nữa công trình có thêm diện tích sử dụng.

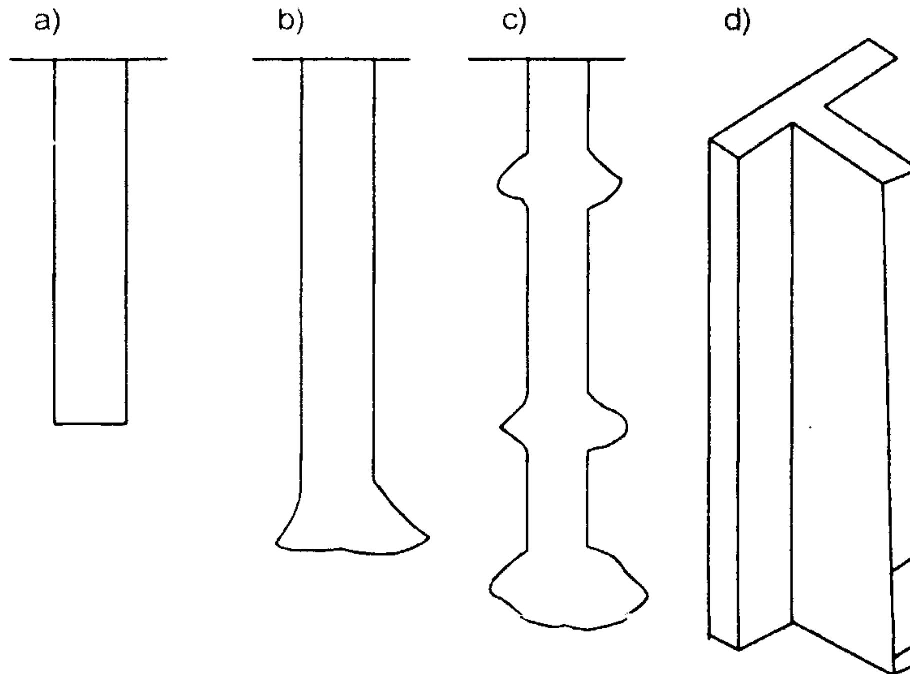
## I. CÁC DẠNG CỌC KHOAN NHỒI PHỔ BIẾN VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI

Về hình thức cọc khoan nhồi có các loại :

- Cọc nhồi đơn giản tiết diện hình trụ và không thay đổi trên suốt chiều sâu của cọc

- Cọc nhồi mở rộng đáy : Cọc hình trụ tròn khoan bình thường nhưng khi gần đến đáy thì dùng gầu đặc biệt để mở rộng đáy hố khoan, cũng có thể sử dụng một lượng nhỏ thuốc nổ để mở rộng đáy

Người ta cũng có thể mở rộng nhiều đợt bằng khoan hoặc thuốc nổ trên suốt chiều dài thân cọc.




*Hình 2-40. Các loại cọc khoan nhồi*

*a) Cọc khoan nhồi đơn giản; b) Cọc mở rộng đáy;*

*c) Cọc mở rộng đáy và thân; d) Cọc barrentte.*

Cọc được mở rộng đáy và cọc được mở rộng nhiều đợt ở thân cọc sẽ tăng sức chịu tải hơn nhiều so với cọc thông thường.

- Cọc barrette : Đây là một loại cọc nhồi có tiết diện hình chữ nhật, chữ L, chữ I, chữ H thực chất là làm những bức tường sâu trong đất bằng bê tông cốt thép - cọc này có sức chịu tải rất lớn tối đa đến 6000 T và rất ưu việt khi xây dựng những nhà có nhiều tầng hầm vì nó là tường cừ chống sập lở quanh nhà, vừa là tường cừ chống nước cho các tầng hầm.

Các phương pháp thi công cọc khoan nhồi:

Trên thế giới có rất nhiều công nghệ và thiết bị thi công cọc khoan nhồi. Tuy nhiên 2 nguyên lý được sử dụng trong tất cả các phương pháp thi công là :

- Cọc khoan nhồi có sử dụng ống vách;

- Cọc khoan nhồi không dùng ống vách.

**1. Cọc khoan nhồi có sử dụng ống vách**

Loại này thường được sử dụng khi thi công những cọc nằm kề sát với công trình có sẵn hoặc do những điều kiện địa chất đặc biệt. Cọc khoan nhồi có dùng ống vách thép rất thuận lợi cho thi công vì không phải lo việc sập thành hố khoan, công trình ít bị bẩn vì không phải sử dụng dung dịch bentonite, chất lượng cọc rất cao.

Nhược điểm của phương pháp này là máy thi công lớn cồng kềnh, khi máy làm việc thì gây rung và tiếng ồn lớn và mặt khác rất khó thi công những cọc có độ dài trên 30m.

Cũng có thể dùng ống bê tông cốt thép làm vách trong trường hợp này phải nối các đoạn ống sao cho thật thẳng đứng để tránh cho gầu khoan va đập vào thành vách.

Khi dùng ống bê tông cốt thép làm thành vách thì có thể thi công theo các cách sau đây :

- Khoan kiểu vừa lắc vừa ép: Máy có cơ cấu để tạo lực rung và có bộ phận kẹp thành ống để giữ cho ống được thẳng đứng. ống vừa bị rung vừa bị ép xuống đất. Việc lấy đất đá trong ống được thực hiện bằng cách dùng gầu khoan xoay thông thường.

- Khoan kiểu vừa xoay vừa ép : Loại ống vách này ở đoạn dưới cùng có lưỡi cắt đất bằng hợp kim cứng. Việc lấy đất đá trong ống cũng được thực hiện bằng những gầu khoan thông thường.

- Đào bằng gầu xoay trong ống vách : Khoan cọc trong lớp đất sét hoặc cát, ống vách được ép xuống cho tới khi đạt độ sâu thiết kế. Trong quá trình ép phải sử dụng khung dẫn để giữ cho các đoạn ống thẳng đứng và để liên kết.

**2. Cọc khoan nhồi không dùng ống vách:**

Đây là công nghệ khoan rất phổ biến, ưu điểm của phương pháp này là thi công nhanh đảm bảo vệ sinh môi trường và ít ảnh hưởng đến công trình chung quanh.

Phương pháp này thích hợp với loại đất sét mềm, nửa cứng nửa mềm, đất cát mịn, cát thô hoặc có lẫn sỏi cỡ hạt từ 20 đến 100mm. Khi địa tầng có đá cỡ trên 100mm, đá mồ côi, đá gốc, đá phong hoá thì phương pháp này bộc lộ nhược điểm là khoan không xuống, độ chính xác theo phương thẳng đứng cũng như kích thước hình học của cọc sẽ đạt không cao.

Có 2 phương pháp dùng cọc khoan nhồi không sử dụng ống vách:

***a. Phương pháp khoan thổi rửa hay phản tuần hoàn:***

Phương pháp này xuất hiện từ lâu và hiện nay vẫn còn được sử dụng rộng rãi ở Trung Quốc. Tại Việt Nam một số đơn vị xây dựng liên doanh với Trung Quốc vẫn sử dụng công nghệ khoan này.

Máy đào sử dụng guồng xoắn để phá đất, dung dịch bentonite được bơm xuống hố để giữ vách hố đào. Mùn khoan và dung dịch được máy bơm và máy nén khí đẩy từ đáy hố khoan lên đưa vào bể lắng để lọc tách dung dịch bentonite để tái sử dụng.

Công việc đặt cốt thép và đổ bê tông tiến hành bình thường.

Ưu điểm : Phương pháp này có giá thiết bị rẻ, thi công đơn giản, giá thành hạ.

Nhược điểm : Phương pháp này có tốc độ khoan chậm, chất lượng và độ tin cậy chưa cao.

***b. Phương pháp khoan gầu :***

Theo công nghệ khoan này, gầu khoan thường có dạng thùng xoay cắt đất và đưa ra ngoài. Cần gầu khoan có dạng ăng-ten, thường là 3 đoạn truyền được chuyển động xoay từ máy đào xuống gầu nhờ hệ thống rãnh. Vách hố khoan được giữ ổn định nhờ dung dịch bentonite. Quá trình tạo lỗ được thực hiện trong dung dịch bentonite. Trong quá trình khoan có thể thay các gầu khác nhau để phù hợp với nền đất đào và để khắc phục các dị tật trong lòng đất. Việc đặt cốt thép và đổ bê tông cũng được tiến hành trong dung dịch bentonite. Cũng như phương pháp trên ở đây bentonite cũng được lọc thu hồi và tái sử dụng.

Ưu điểm của phương pháp này là thi công nhanh, việc kiểm tra chất lượng dễ dàng thuận tiện, đảm bảo vệ sinh môi trường và ít ảnh hưởng đến các công trình lân cận.

Nhược điểm của phương pháp này là phải sử dụng các thiết bị chuyên dụng giá đắt, giá thành cọc cao.

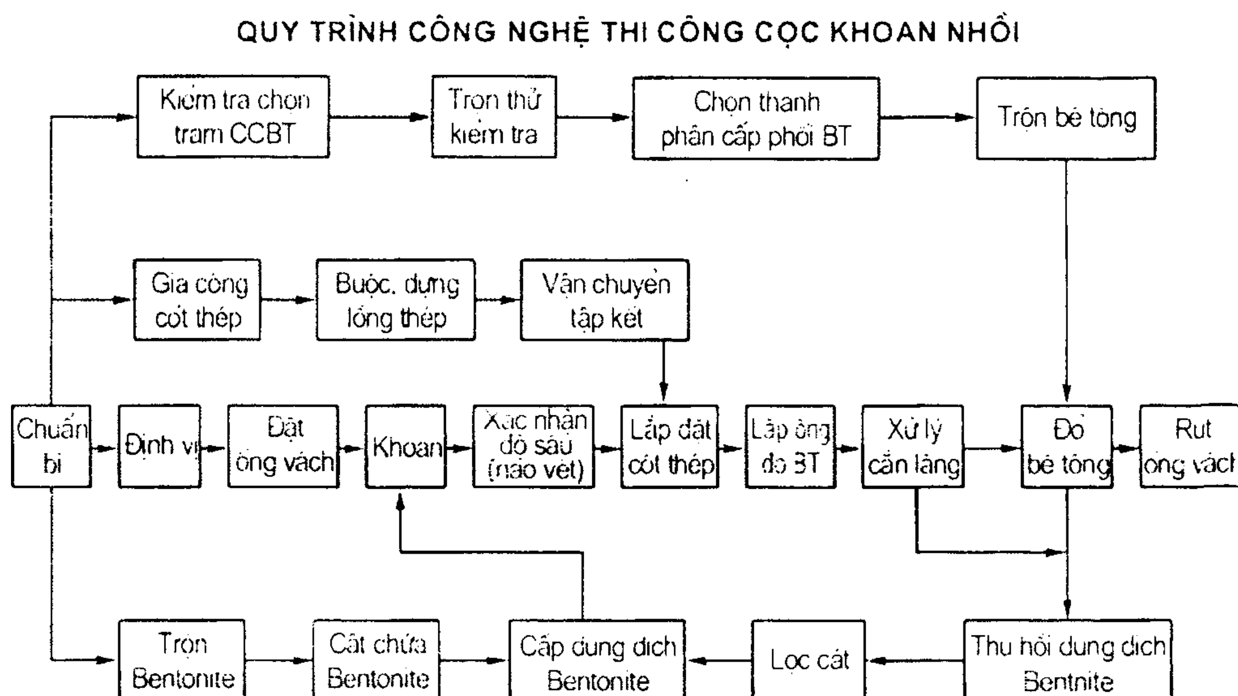
Phương pháp này đòi hỏi quy trình công nghệ rất chặt chẽ, cán bộ kỹ thuật và công nhân phải thành thạo, có ý thức tổ chức và kỷ luật cao.

Do phương pháp này khoan nhanh hơn và chất lượng đảm bảo hơn các phương pháp khác, nên hiện nay các công trình lớn ở Việt Nam chủ yếu sử dụng phương pháp này bằng các thiết bị của Đức (hãng Bauer) của Italie (hãng Soil-Mec) và của Nhật (hãng Hitachi).

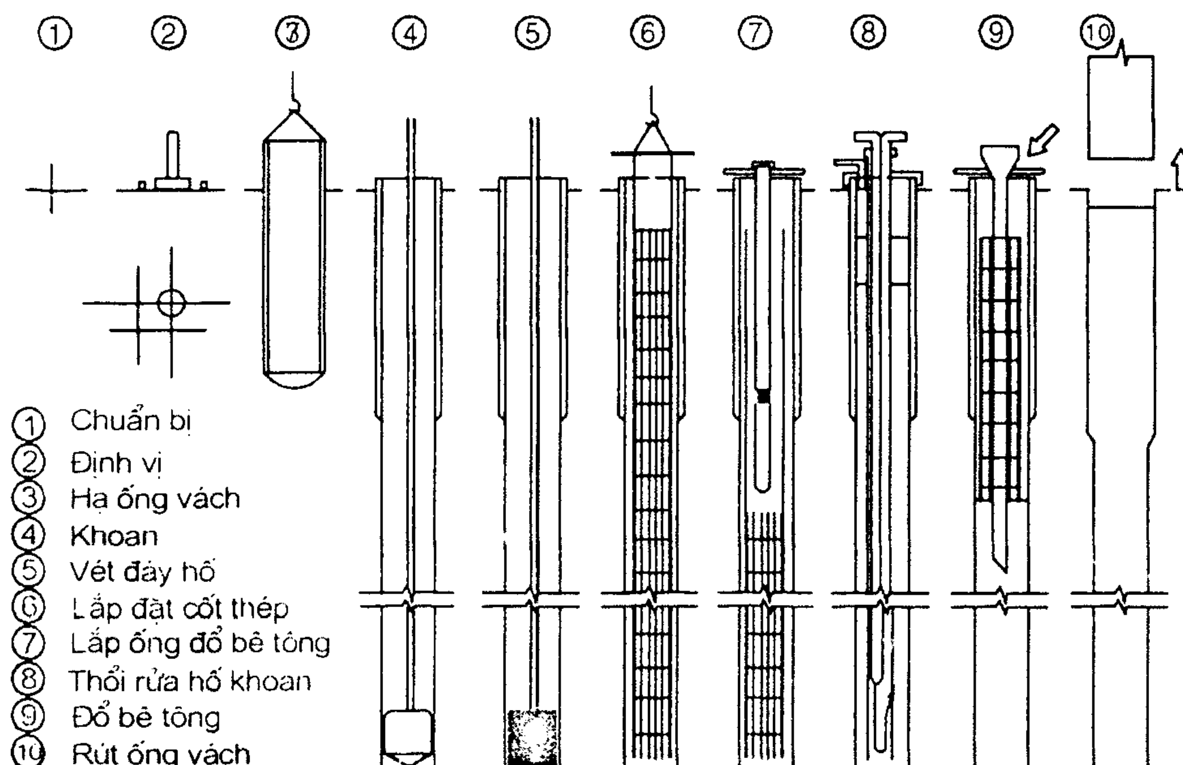
Sau đây sẽ giới thiệu chi tiết quy trình công nghệ thi công và các thiết bị trong thi công cọc khoan nhồi theo phương pháp khoan gầu trong dung dịch bentonite.

## II. QUY TRÌNH CÔNG NGHÊ THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI

Quy trình công nghệ thi công cọc khoan nhồi (hình 2-41 và 2-42), bao gồm những công đoạn sau :




*Hình 2-41. Quy trình công nghệ thi công cọc khoan nhồi*




*Hình 2-42. Các quá trình chủ yếu thi công cọc khoan nhồi*

- Công tác chuẩn bị;
- Công tác định vị tim cọc;
- Công tác hạ ống vách, khoan và bơm dung dịch bentonite;
- Xác nhận độ sâu hố khoan và xử lý cặn lắng đáy hố cọc;
- Công tác chuẩn bị và hạ lồng thép;
- Lắp ống đổ bê tông;
- Công tác đổ bê tông và rút ống thép;
- Kiểm tra chất lượng cọc.

**1. Công tác chuẩn bị**

Để việc thi công cọc khoan nhồi đạt hiệu quả cao thì ngoài việc phải chuẩn bị các loại thiết bị thi công cần thiết phải điều tra khả năng vận chuyển, áp dụng các biện pháp ngăn ngừa tiếng ồn và chấn động... còn phải tiến hành điều tra đầy đủ các mặt về tình hình phạm vi chung quanh hiện trường.

Cần chú ý máy khoan thuộc loại thiết bị lớn, rất nặng nên nhất thiết phải điều tra đầy đủ về phương án và lộ trình vận chuyển. Phải đảm bảo

có đủ diện tích ở hiện trường để lắp dựng thiết bị, ngoài ra còn phải thực hiện việc xử lý gia cố mặt đường và nền đất trong khu vực thi công để thuận tiện cho việc lắp dựng thiết bị và xe cộ đi lại.

Phải có các biện pháp hạn chế tác hại của tiếng ồn và chấn động. Tuy so với cọc đóng thì cọc khoan nhồi là phương pháp thi công ít chấn động và ít tiếng ồn, nhưng trên thực tế vẫn có tiếng ồn do có khá nhiều thiết bị xe máy cùng hoạt động.

Các biện pháp giảm tiếng ồn như sau:

- Giảm tiếng ồn từ động cơ nổ : chú ý hướng phát ra tiếng ồn và đặt chụp hút âm ở động cơ nổ.

- Điện khí hoá nguồn động lực : dùng động cơ điện thay cho các máy nổ, máy nén khí.

- Xây tường bao quanh hiện trường : Chú ý là hiệu quả của việc cách âm bằng tường phụ thuộc rất nhiều vào độ cao và chất liệu làm tường. Nếu tường làm bằng vật liệu cách âm thì hiệu quả rất cao.

Cần chú ý xác nhận chủng loại và vị trí của các vật kiến trúc ngầm và xem xét khả năng gây ảnh hưởng đến khu vực và công trình lân cận để có biện pháp xử lý thích hợp.

**2. Định vị vị trí đặt cọc**

Cũng giống như cọc đóng, ở đây cần phải đặt máy kinh vĩ để xác định vị trí đặt cọc. Việc định vị được tiến hành trong thời gian dựng ống vách, có thể nhận thấy ống vách có tác dụng đầu tiên là đảm bảo cố định vị trí của cọc. Trong quá trình lấy đất ra khỏi lòng cọc cần khoan sẽ được đưa ra đưa vào liên tục nên tác dụng thứ hai của ống vách là đảm bảo không cho bị sập thành ở phía trên và cũng như vậy cọc không bị lệch ra khỏi vị trí.

Từ mặt bằng định vị móng cọc của nhà lập hệ thống định vị và lưới khống chế cho công trình theo toạ độ. Các lưới định vị này được chuyển dời và cố định vào các công trình lân cận hoặc lập thành các mốc định vị. Các mốc này được rào chắn và bảo vệ chu đáo và liên tục kiểm tra để đề phòng xê dịch do va chạm và lún.

**3. Công tác hạ ống vách, khoan và bơm dung dịch bentonite**

Ống vách hay còn gọi là ống chống là một ống bằng thép có đường kính lớn hơn đường kính gầu khoan khoảng 10cm, ống vách dài khoảng 6m được đặt ở phần trên miệng hố khoan nhô lên khỏi mặt đất độ 0,6m.

Ống vách có nhiệm vụ :

- Định vị và dẫn hướng cho máy khoan;

- Giữ ổn định cho bề mặt hố khoan và chống sập thành phần trên hố khoan;

- Bảo vệ để đất đá, thiết bị không rơi xuống hố khoan;

- Làm sàn dỡ tạm và thao tác để buộc nối và lắp dựng cốt thép, lắp dựng và tháo dỡ ống đổ bê tông.

Sau khi đổ bê tông cọc nhồi xong ống vách sẽ được rút lên và thu hồi lại.

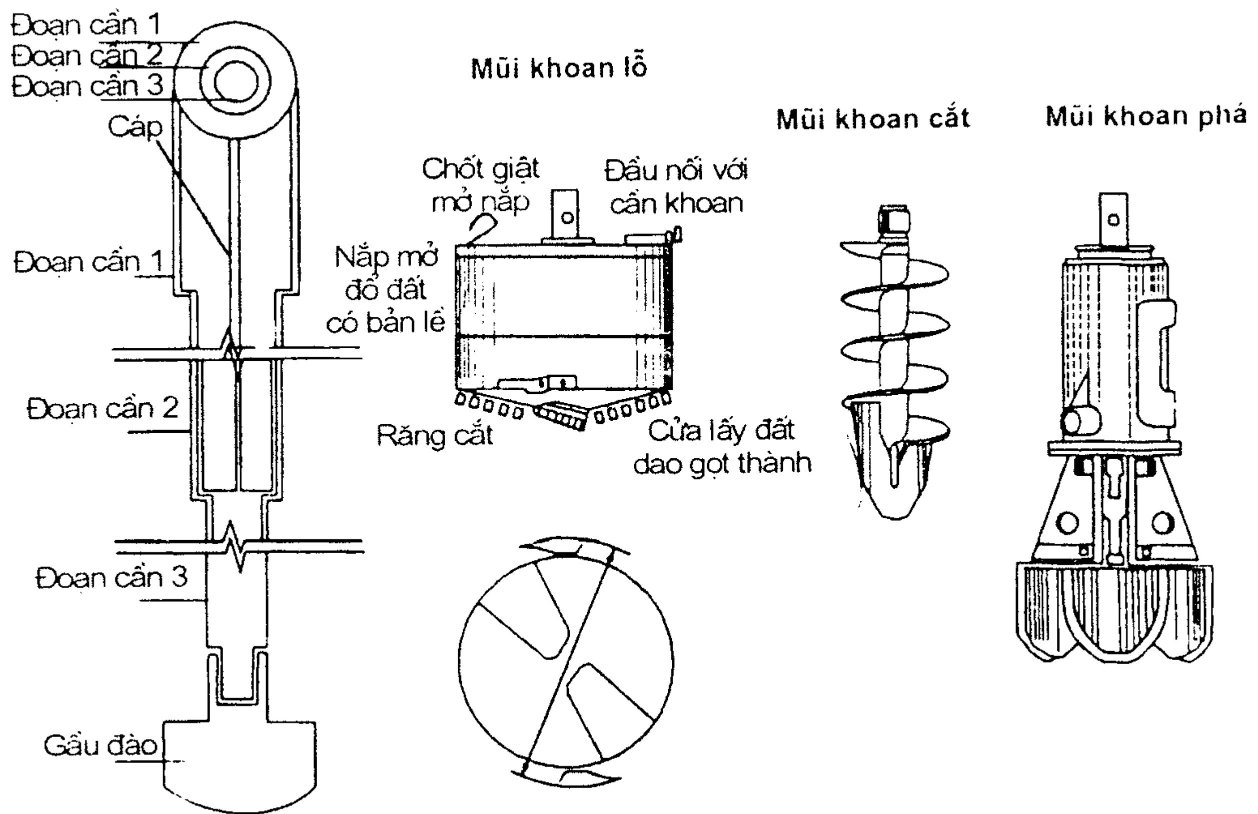
Các phương pháp hạ ống vách :

- Phương pháp rung : là sử dụng loại búa rung thông thường, để đạt độ sâu khoảng 6m phải mất khoảng 10 phút, do quá trình rung dài ảnh hưởng đến toàn bộ khu vực lân cận nên để khắc phục hiện tượng trên trước khi hạ ống vách người ta đào sẵn một hố sâu từ 2,5 ÷ 3,0m tại vị trí hạ cọc với mục đích bóc bỏ lớp cứng trên mặt đất giảm thời gian của búa rung xuống còn khoảng 2 ÷ 3 phút.

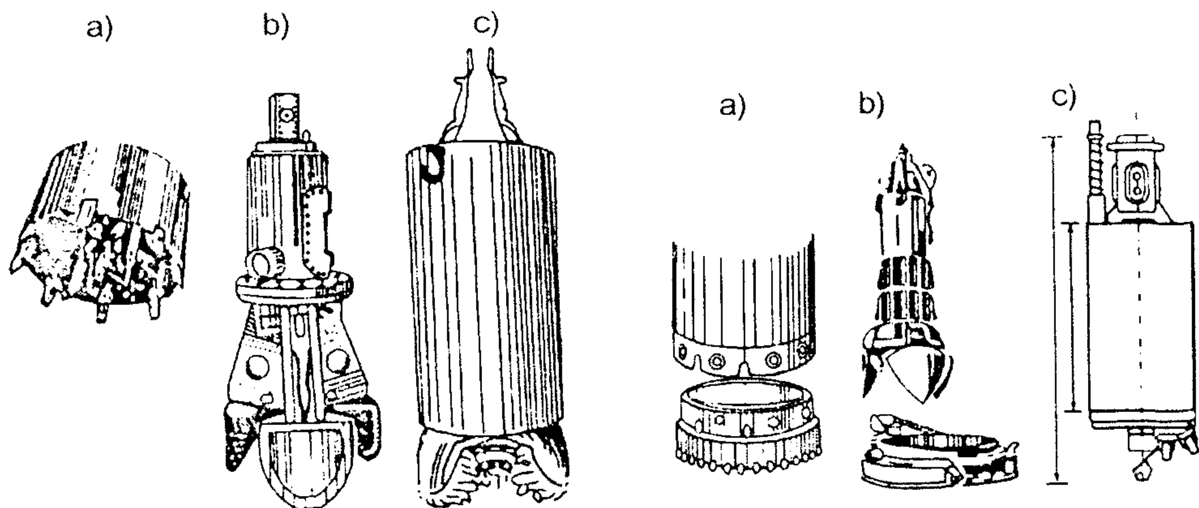
- Phương pháp ép : là sử dụng máy ép để ép ống vách xuống độ sâu cần thiết. Phương pháp này chịu được rung động, nhưng thiết bị cồng kềnh, thi công phức tạp và năng suất thấp.

- Sử dụng chính máy khoan để hạ ống vách: Đây là phương pháp phổ biến hiện nay, người ta lắp vào gầu khoan thêm một đai sắt để mở rộng hố đào khoan đến hết độ sâu của ống vách thì dùng cần cẩu hoặc máy đào đưa ống vách vào vị trí và hạ xuống cao trình cần thiết, dùng cần gõ nhẹ lên ống vách để điều chỉnh độ thẳng đứng. Sau khi đặt ống vách xong phải chèn chặt bằng đất sét và nêm để ống vách không thể dịch chuyển được trong quá trình khoan.

*a. Công tác khoan tạo lỗ*




*Hình 2-43. Cấu tạo cần khoan và các loại mũi khoan*




*Hình 2-44. Mũi khoan phá*

*a) Khoan gầu làm tơi đất đá;*

*b) Khoan cạp điều khiển bằng thủy lực;*

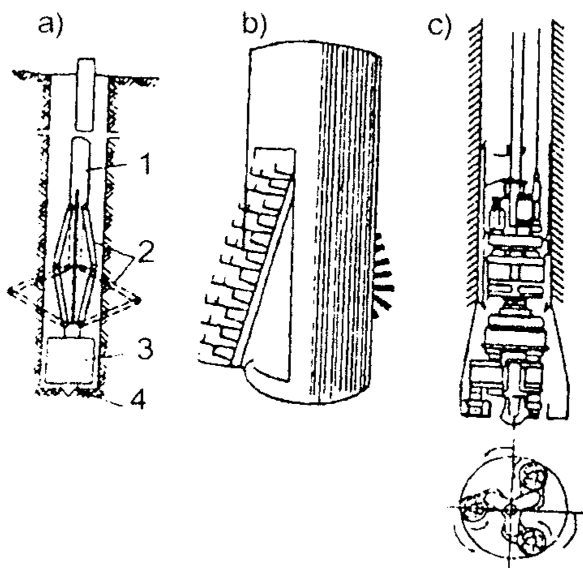
*c) Khoan gầu làm tơi bằng quay nâng khoan*

*Hình 2-45. Lưỡi khoan cắt*

*a) Lưỡi cắt lắp ở ống vách;*

*b) Gầu ngoạm và làm sạch đáy cọc;*

*c) Cắt và gom vào thùng kiểu của hãng BAUER.*

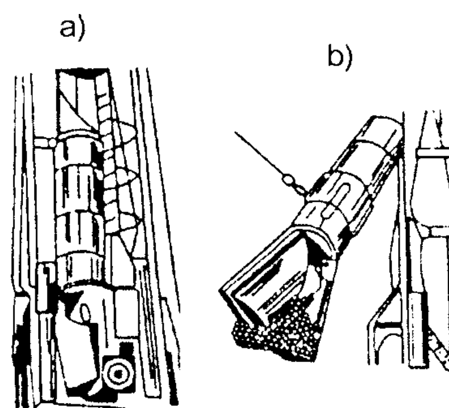



*Hình 2-46. Sơ đồ cơ cấu mở rộng thân cọc*

*a) Sơ đồ nguyên lý:*

1. Cần khoan; 2. Dao cắt;
3. Thùng gom đất đá; 4. Trục xoay

*b và c) Một kiểu mở rộng đáy*



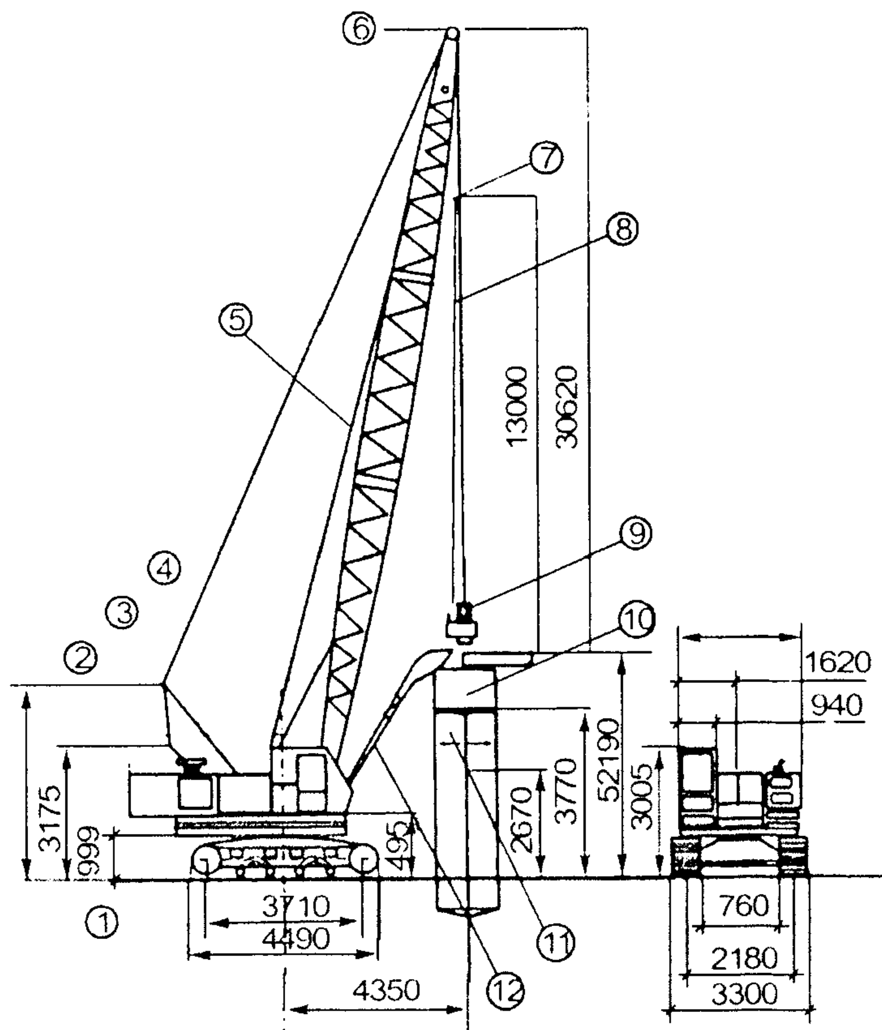

*Hình 2-47. Thiết bị mở rộng trong khoan cọc nhồi EDF-55 (Pháp)*

*a) Cho vào lỗ khoan;*

*b) Gom và đưa đất khỏi lòng cọc*

Quá trình này được thực hiện sau khi đặt xong ống vách tạm. Đất lấy ra khỏi lòng cọc được thực hiện bằng thiết bị khoan đặc biệt, đầu khoan lấy đất có thể là loại guồng xoắn cho lớp đất sét hoặc là loại thùng cho lớp đất cát. Điểm đặc biệt của thiết bị này là cần khoan, như đã giới thiệu ở trên. Cần có dạng ăng-ten gồm 3 ống lồng vào nhau và truyền được chuyển động xoay, ống trong cùng gắn với gầu khoan và ống ngoài cùng gắn với động cơ xoay của máy khoan. Cần có thể kéo dài đến độ sâu cần thiết.

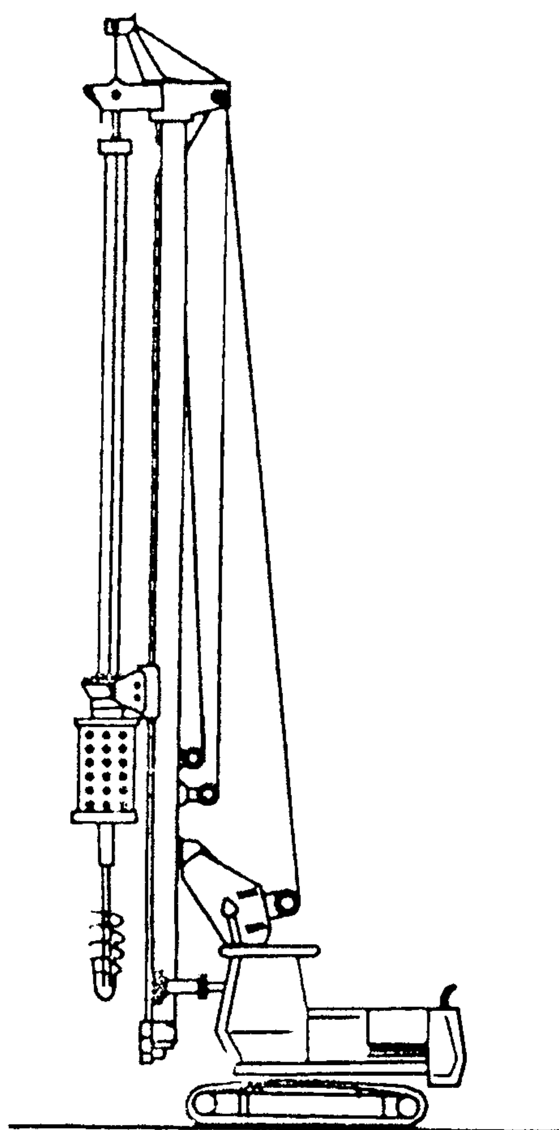
Một số tính năng kỹ thuật của các máy khoan cọc nhồi đang được sử dụng ở Việt Nam: Trong một vài năm gần đây máy khoan cọc nhồi được nhập vào Việt Nam với nhiều chủng loại của nhiều nước khác nhau. Các loại máy khoan cọc nhồi được trình bày sau đây là những loại máy đã được sử dụng tương đối phổ biến:




*Hình 2-48. Máy KH-100 (HITACHI)*

1. Máy khoan; 2. Cáp nâng giá khoan; 3. Thanh giằng cho giá
4. Bệ giá; 5. Cáp của cần khoan; 6. Bánh luồn cáp; 7. Khớp nối;
8. Cần khoan; 9. Trục quay; 10. Gàu khoan; 11. Khung đỡ phía trước;
12. Xylanh để nâng giá.

| **Đặc trưng** | **Kiểu máy** | |
|---|---|---|
| | **KH-100** | **KH-125** |
| Chiều dài giá (m) | 19 | 19 |
| Đường kính lỗ khoan (mm) | 600-1500 | 1500-2000 |
| Chiều sâu khoan (m) | 43 | 43 |
| Tốc độ quay của máy (vòng phút) | 24-12 | 24-12 |
| Momen quay (kNm) | 40-51 | 40-51 |
| Trọng lượng máy (tấn) | 36,8 | 44,5 |
| Áp lực lên đất (MPA) | 0,077 | 0,066 |



*Hình 2-49. Máy BAUER (Đức)*

| Chỉ tiêu kỹ thuật | Kiểu máy BAUER | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **BG 15** | **BG 22** | **BG 30** | **BG 40** | **BG 50** |
| Chiều cao (m) | 21,10 | 24,10 | 22,70 | 25-27 | 29,60 |
| Momen khoan (kNm) | 220 | 220 | 360 | 360 | 360 |
| Tời chính (kN) | 160-200 | 150 | 200 | 250-300 | 300 |
| Công suất máy (kW) | 222 | 180 | 268 | 297 | 448 |
| Trọng lượng (tấn) | 74 | 80 | 85-100 | 115-117 | 147 |
| Hệ thống nâng hoặc tời | xilanh hoặc tời | xilanh hoặc tời | xilanh | xilanh | xilanh |

*Hình 2-50. Máy SOILMEC (Italy)*

| Chỉ tiêu kỹ thuật | R-6G | R-9G | R-12G | R-22G |
|---|---|---|---|---|
| Độ sâu lớn nhất (m) | 50(80) | 50(80) | 50(80) | 52(62) |
| Đường kính lớn nhất (mm) | 1200 | 1500 | 2000 | 2000(3000) |
| Momen quay (kNm) | 61 | 90 | 123 | 233,5 |
| Công suất max (kW) | 94 | 138 | 178 | 200-294 |
| Năng lực nâng (t) | 25 | 30 | 40 | 65 |
| Độ nghiêng giá khoan (độ) | 15 | 15 | 15 | 10 |
| Trọng lượng máy (kN) | 76 | 90 | 94 | 140-319 |

Cần của máy khoan có tốc độ quay khoảng 20 ÷ 30 vòng/phút, công suất khoan có thể đạt từ 8-15 $m^3$/giờ đối với đường kính cọc từ 1000 ÷ 1200 mm.

Khi gầu khoan đầy đất gầu sẽ được kéo lên từ từ với tốc độ khoảng 0,3 ÷ 0,5m/sec, với tốc độ này sẽ không gây ra hiệu ứng piston làm sập thành hố khoan. Trong khi khoan do cấu tạo nền đất thay đổi hoặc có khi gặp dị vật đòi hỏi người chỉ huy khoan phải có kinh nghiệm để xử lý kịp thời kết hợp với một số công cụ đặc biệt như mũi khoan phá, mũi khoan cắt, gầu ngoạm, búa máy...

Khi đã khoan qua chiều sâu của vách chống tạm việc giữ thành hố được thực hiện bằng vữa bentonite.

*b. Dung dịch bentonite*

Bentonite là loại đất sét có kích thước hạt nhỏ hơn đất sét kaolinite nên người ta thường dùng đất sét bentonite để chế tạo bùn khoan. Khi hiếm bentonite có thể dùng một phần đất sét địa phương chứa các hạt với kích thước lớn hơn 0,05 không quá 10% và các hạt nhỏ hơn 0,005 không ít hơn 30%, tất nhiên sự thích hợp của đất sét địa phương phải được xác định trong phòng thí nghiệm.

Dung dịch sét bentonite có 2 tác dụng chính:

- Giữ cho thành hố đào không bị sập nhờ dung dịch chui vào khe nứt quyện với cát rồi tạo thành một màng đàn hồi bọc quanh thành vách hố giữ cho cát và các vật thể vụn không bị rơi và ngăn không cho nước thấm thấu qua vách.

- Tạo môi trường nặng nâng đất đá, vụn khoan nổi lên mặt trên để trào ra hoặc hút khỏi hố khoan.

Trên thị trường Việt Nam hiện nay có nhiều loại bentonite như:

- Bentonite dầu khí do Petro Việt Nam sản xuất;
- Bentonite sét Đống đa do Hoá chất Thái Hà sản xuất;
- Bentonite GTC4 do Pháp sản xuất;
- Bentonite VOLCLAY do Mỹ sản xuất.

Về chất lượng thì bentonite do Việt Nam sản xuất chất lượng không cao vì chúng có độ tách nước lớn và độ nhớt kém hay gây ra hiện tượng sập thành hố khoan đặc biệt khi gặp tầng đất có nhiều cát.

Các đặc tính kỹ thuật của bột bentonite:

- Độ ẩm 9 ÷ 11%;
- Độ trương nở 14 ÷ 16m$l$/g;
- Khối lượng riêng 2,1 T/m$^3$;
- Độ pH của keo với 5% 9,8 ÷ 10,5;
- Giới hạn lỏng Aherberg > 400 ÷ 450;
- Chỉ số dẻo 350 ÷ 400;
- Độ lọt sàng cỡ 100: 98 ÷ 99%;
- Độ tồn trên sàng cỡ 74: 2,2÷2,5%.

*c. Bùn khoan*

Bùn khoan là dung dịch bentonite bao gồm nước, sét bentonite, đất sét thông thường, xi-măng và chất phụ gia.

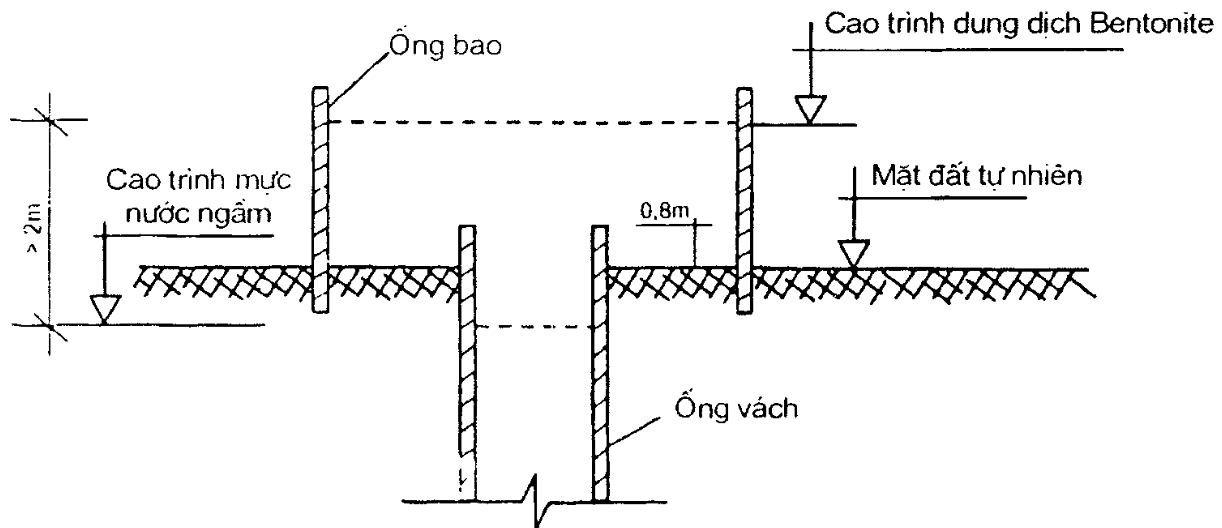
Các thông số kỹ thuật chủ yếu của dung dịch bentonite được khống chế như sau:

- Hàm lượng cát < 5%
- Dung trọng 1,01 ÷ 1,1
- Độ nhớt 32 ÷ 40 s (giây)
- Độ pH 9,5 ÷ 11,7
- Liều lượng trộn 30 ÷ 50 kg bentonite/m$^3$

Do dung dịch bentonite có tầm quan trọng đặc biệt đối với chất lượng hố khoan, do đó phải cung cấp đủ dung dịch bentonite tạo thành áp lực dư giữ cho thành hố khoan không sập. Cao trình dung dịch bentonite ít nhất phải cao hơn cao trình mực nước ngầm từ 1-2m, thông thường nên giữ cho cao trình dung dịch bentonite cách mặt trên của ống vách là 1m, người ta có thể đặt thêm ống bao phía ngoài ống vách để tăng thêm cao trình và áp lực của dung dịch bentonite nếu cần thiết. (hình 2-51).

Trong quá trình khoan chiều sâu của hố khoan có thể ước tính nhờ cuộn cáp hoặc chiều dài cần khoan. Để xác định chính xác hơn người ta dùng một quả dọi đáy bằng, đường kính khoảng 5cm buộc vào đầu thước

dây thả xuống đáy để đo chiều sâu hố đào và cao trình bê tông trong quá trình đổ. Trong suốt quá trình đào phải kiểm tra độ thẳng đứng của cọc thông qua cần khoan. Giới hạn độ nghiêng cho phép của cọc không được vượt quá 1%.




*Hình 2-51. Đặt ống bao ngoài để tăng cường áp lực cho dung dịch Bentonite*

### 4. Xác nhận độ sâu hố khoan và xử lý cặn lắng đáy hố cọc

#### *a) Xác nhận độ sâu hố khoan*

Khi tính toán người ta chỉ dựa vào một vài mũi khoan khảo sát địa chất để tính toán độ sâu trung bình cần thiết của cọc nhồi. Trong thực tế thi công do mặt cắt địa chất có thể thay đổi, các địa tầng có thể không đồng đều giữa các mũi khoan nên không nhất thiết cứ phải khoan đúng như độ sâu thiết kế đã quy định mà cần có sự điều chỉnh.

Trong thực tế người thiết kế chỉ quy định địa tầng đặt đáy cọc và khi khoan đáy cọc phải ngập vào địa tầng đặt cọc ít nhất là một lần đường kính của cọc. Để xác định chính xác điểm dừng này khi khoan người ta lấy mẫu cho từng địa tầng khác nhau và ở đoạn cuối cùng nên lấy mẫu cho từng gầu khoan.

Người giám sát hiện trường xác nhận đã đạt được chiều sâu yêu cầu, ghi chép đầy đủ, kể cả bằng chụp ảnh mẫu khoan làm tư liệu báo cáo rồi cho dừng khoan, sử dụng gầu vét để vét sạch đất đá rơi trong đáy hố khoan, đo chiều sâu hố khoan chính thức và cho chuyển sang công đoạn khác.

*b) Xử lý cạn lắng đáy hố khoan*

Ảnh hưởng của cặn lắng đối với chất lượng cọc: Cọc khoan nhồi chịu tải rất lớn nếu để đọng lại dưới đáy hố khoan bùn đất hoặc bentonite ở dạng bùn nhão sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng tới khả năng chịu tải của mũi cọc, gây sụt lún cho kết cấu bên trên, làm cho công trình bị dịch chuyển gây ra biến dạng và nứt. Vì thế mỗi cọc đều phải được xử lý cặn lắng rất kỹ lưỡng.

- Các loại cặn lắng, có 2 loại:

+ Cặn lắng hạt thô: Trong quá trình tạo lỗ đất cát rơi vãi hoặc không kịp đưa lên sau khi ngừng khoan sẽ lắng xuống đáy hố. Loại cặn lắng này tạo bởi các hạt đường kính tương đối to, do đó khi đã lắng đọng xuống đáy thì rất khó moi lên:

+ Cặn lắng hạt mịn: Đây là những hạt rất nhỏ lơ lửng trong dung dịch bentonite, sau khi khoan tạo lỗ xong qua một thời gian mới lắng dần xuống đáy lỗ.

- Các bước xử lý cặn lắng: Vì trong đáy hố khoan có 2 loại cặn lắng khác nhau như trên nên việc xử lý chúng phải tiến hành theo 2 bước :

+ Bước 1 - Xử lý cặn lắng thô: Đối với phương pháp khoan gầu sau khi lỗ đã đạt đến độ sâu dự định thì không đưa gầu lên vội mà tiếp tục cho gầu xoay để vét bùn đất cho đến khi đáy hố hết cặn lắng mới thôi.

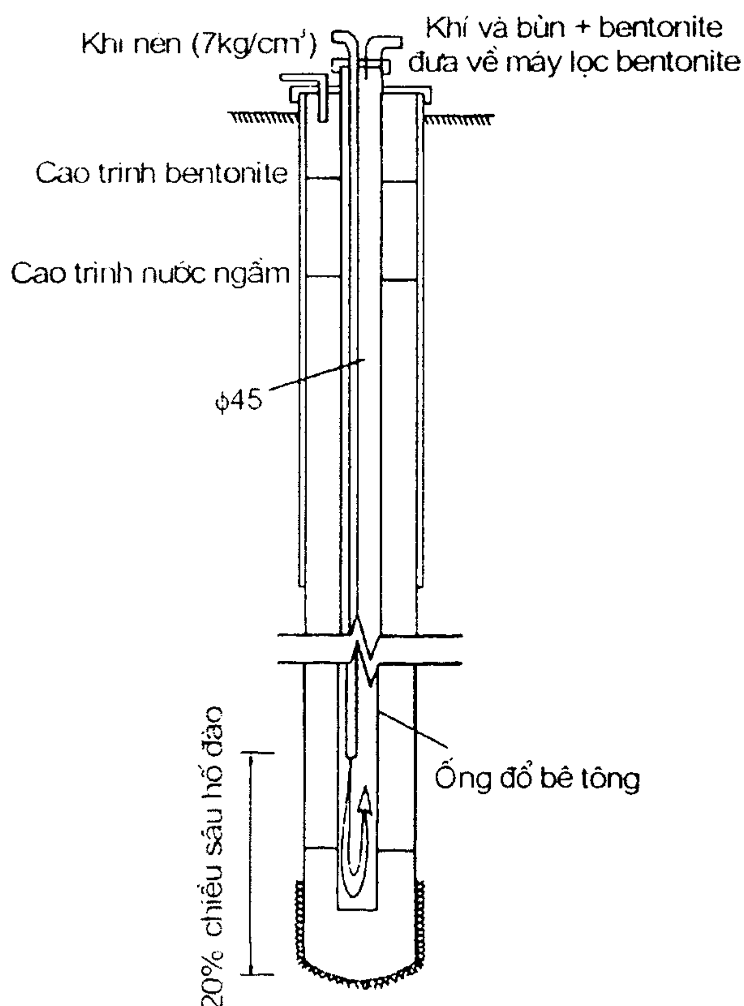
Đối với phương pháp khoan lỗ phản tuần hoàn thì sau khi kết thúc công việc tạo lỗ phải mở bơm hút, cho khoan chạy không tải độ 10 phút, đến khi bơm hút ra không còn thấy đất cát mới ngừng và nhấc đầu khoan lên.

+ Bước 2 - Xử lý cặn lắng hạt mịn: Bước này sẽ được thực hiện trước khi đổ bê tông.

Có nhiều phương pháp xử lý cặn lắng hạt mịn.

• *Phương pháp thổi rửa dùng khí nén :*

Theo phương pháp này người ta dùng ngay ống đổ bê tông để làm ống xử lý cặn lắng. Sau khi lắp xong ống đổ bê tông, người ta lắp đầu thổi rửa lên đầu trên của ống đổ. Đầu thổi rửa có 2 cửa, một cửa được nối với ống dẫn để thu hồi dung dịch bentonite và bùn đất từ đáy hố khoan về thiết bị lọc dung dịch, một cửa khác được thả ống khí nén $\phi$45, ống này dài khoảng 80% chiều dài của cọc (hình 2-52).




*Hình 2-52. Xử lý cặn lắng hạt mịn theo phương pháp thổi rửa bằng khí nén*

Khi bắt đầu thổi rửa khí nén được thổi lên tục với áp lực 7kg/cm² qua đường ống φ45 đặt bên trong ống đổ bê tông. Khi khí nén ra khỏi ống φ45 sẽ quay trở lại thoát lên trên ống đổ tạo thành một áp lực hút ở đáy hố đưa dung dịch bentonite và cặn lắng theo ống đổ bê tông đến thiết bị lọc và thu hồi dung dịch. Trong suốt quá trình thổi rửa này phải liên tục cấp bù dung dịch bentonite để đảm bảo cao trình và áp lực của bentonite lên hố móng không thay đổi.

Thời gian thổi rửa theo phương pháp dùng khí nén thường từ 20 ÷ 30 phút. Sau khi ngừng cấp khí nén, người ta thả dây đo độ sâu. Nếu lớp bùn lắng ≤ 10cm thì tiến hành kiểm tra dung dịch bentonite lấy ra từ đáy hố khoan. Lòng hố khoan được coi là sạch khi dung dịch ở đáy hố thoả mãn:

+ Tỷ trọng $\gamma = 1,04 \div 1,20$ g/cm$^3$;

+ Độ nhớt $\eta = 20" \div 30"$;

+ Độ pH = $9 \div 12$.

Phương pháp này có ưu điểm là không cần bổ sung thêm thiết bị gì và có thể dùng cho bất cứ phương pháp thi công nào.

• *Phương pháp luân chuyển bentonite:*

Theo phương pháp này người ta dùng một máy bơm công suất khoảng $45 \div 60$m$^3$/h treo vào một sợi cáp và thả xuống đáy hố khoan nhưng luôn nằm trong ống đổ bê tông. Một đường ống có đường kính $\phi = 80 \div 100$mm được gắn vào đầu trên của máy bơm và được cố định vào cáp treo máy bơm. Ống này đưa dung dịch bùn bentonite về máy lọc. Trong quá trình luân chuyển dung dịch bentonite luôn luôn được bổ sung vào miệng hố khoan và người ta thường xuyên kiểm tra các chỉ tiêu của bùn bentonite bơm ra. Khi dung dịch này đạt chỉ tiêu sạch và độ lắng đạt yêu cầu $\leq$ 10cm thì ngừng bơm và kết thúc công đoạn luân chuyển bentonite này.

• *Các phương pháp xử lý cặn lắng khác:*

Các công ty xây dựng móng của Nhật Bản có phương pháp xử lý cặn lắng khá đặc biệt là khuấy trộn cặn lắng lên rồi lập tức đổ bê tông vào, như vậy không có cặn lắng ở mũi cọc nữa mà nó lẫn vào trong bê tông. Vì vậy, vấn đề ở đây chỉ là tăng cường chất lượng bê tông ở phần mũi cọc hoặc loại bỏ số bê tông có lẫn cặn lắng này.

Theo nguyên lý trên, Công ty Móng Đại dương của Nhật Bản đã sử dụng vòi phun nước cao áp lắp chung quanh mé ngoài gần phần đáy của khung cốt thép và ống dẫn khí bên trong ống đổ bê tông để khuấy trộn cặn lắng vào nước.

Công ty Công nghiệp móng Nhật Bản thì lại dùng máng để đổ vữa bê tông xuống đáy lỗ khoan, sau đó dùng lá khuấy để trộn sục cặn lắng vào vữa, khi đã khuấy trộn xong thì lập tức thả khung thép và đổ bê tông.

Công ty Công nghệ móng Tokyo Nhật Bản lại sử dụng phương pháp phun từ những vòi phun lắp ở đáy ống dẫn làm cho cặn lắng bị khuấy trộn

lên và đổ bê tông vào ống dẫn ngay trong trạng thái này. Việc phun nước và đổ bê tông được tiến hành song song liên tục cho đến lúc bê tông ngập đầu ống dẫn thì việc phun mới kết thúc.

**5. Công tác chuẩn bị và hạ lồng thép**

Trong các cọc khoan nhồi thường các nhà thiết kế chỉ đặt cốt thép tới 1/3 chiều dài của cọc, nhưng cũng có các thiết kế của Nhật hoặc một số nước khác lại đặt cốt thép xuống tận đáy.

Cốt thép được buộc sẵn thành từng lồng vận chuyển và đặt lên giá gần hố khoan. sau khi kiểm tra đáy hố khoan nếu lớp bùn cát lắng dưới đáy không quá 10cm thì có thể tiến hành lắp đặt cốt thép. Trong gia công cốt thép người ta có thể dùng hàn điện để cố định cốt đai, cốt dựng khung và cốt chủ. Khi dùng hàn điện để liên kết phải chú ý đến chất lượng có thể bị thay đổi hoặc tiết diện thép có thể bị giảm đi. Trường hợp cốt thép chịu lực là cốt thép cường độ cao thì không được hàn mà phải nối buộc bằng dây thép mềm 2mm hoặc dùng kẹp chữ U có bắt ốc. Việc nối cốt thép phải được tính toán và theo dõi cẩn thận để tránh rơi mất lồng thép.

Về độ dài chia đoạn của lồng thép nếu càng dài càng giảm được số lượng khung thép và đầu nối cốt thép, như vậy càng tiết kiệm được thép và tránh được một số khuyết điểm trong kết cấu. Tuy nhiên, nếu chia đoạn dài quá thì dễ gây ra biến dạng hoặc có thể làm bong, làm tuột các điểm nối, điểm buộc, làm cho lớp bảo vệ không đều và thậm chí có khi làm cho khung thép bị trồi lên dẫn đến giảm chất lượng của cọc. Ngược lại, nếu lồng thép làm quá ngắn thì sẽ tốn vật liệu, mặt khác khi thao tác nối đầu khung thép sẽ tốn rất nhiều thời gian.

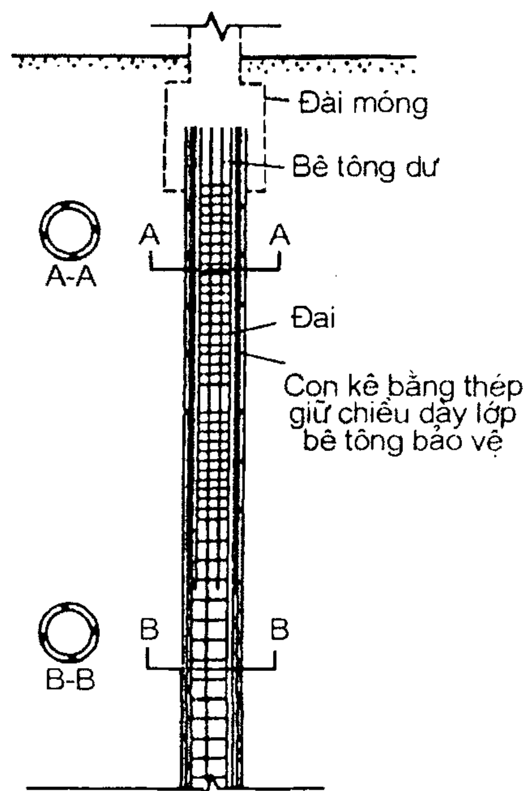
Do từng phương pháp thi công khác nhau, phụ thuộc vào kết cấu công trình, thiết bị thi công và mặt bằng xây dựng thường độ dài chia đoạn của khung lồng thép giao động trong khoảng từ 8 đến 12m.

Cốt thép được hạ xuống hố khoan từng lồng một bằng cần trục và được treo tạm thời trên miệng hố vách bằng cách ngáng qua các đai tăng cường buộc sẵn cách đầu trên của lồng khoảng 1,50m. Dùng cần trục đưa lồng tiếp theo nối với lồng dưới và tiếp tục hạ xuống đến khi kết thúc.

Cốt thép được cố định vào miệng ống vách nhờ các quang treo. Trường hợp cốt thép không dài hết chiều dài của cọc thì cần phải chống lực đẩy nổi cốt thép lên khi đổ bê tông bằng cách hàn những thanh thép hình vào ống vách để cố định lồng thép.

Khi hạ cốt thép phải tiến hành rất cẩn thận từ từ giữ cho lồng thép luôn thẳng đứng để tránh va chạm lồng thép vào thành hố khoan làm sập thành gây khó khăn cho việc nạo vét thổi rửa.

Để đảm bảo độ dày của lớp bê tông bảo vệ thường người ta gắn ở mặt ngoài cốt thép chủ một dụng cụ định vị cốt thép bằng bê tông, bằng chất dẻo hoặc hàn thêm tai bằng thép tròn hay thép bản vào mặt ngoài lồng thép. Cự ly theo chiều dài của dụng cụ định vị cốt thép thường từ 3 đến 6m và để tránh lệch tâm số lượng dụng cụ định vị ở mỗi một mặt cắt là từ 4 đến 6 cái (hình 2-53).




*Hình 2-53. Đặt cốt thép trong cọc khoan nhồi*

**6. Lắp ống đổ bê tông**

Tuỳ theo từng phương pháp xử lý cặn lắng, ống đổ bê tông có thể được lắp ngay sau khi khoan hố xong để làm công việc thổi rửa đáy hố khoan, nhưng cũng có thể được lắp chỉ để đổ bê tông sau khi đã xử lý cặn lắng.

Ống đổ bê tông là các ống thép dày khoảng 3mm có đường kính từ 25 đến 30cm được chế tạo thành từng đoạn có các môdun cơ bản là 0,5m; 1,0m; 1,5m; 2,0m ; 2,50m; 3,00m; 5,00m và 6,00m để có thể tổ hợp lắp ráp tuỳ theo chiều sâu của hố khoan.

Có 2 cách nối ống hiện nay là nối bằng ren và nối bằng cáp. Cách nối bằng cáp được sử dụng rộng rãi hơn nhanh hơn và dễ thao tác hơn. Chỗ nối thường có gioăng cao su để ngăn dung dịch bentonite thâm nhập vào ống đổ và được bôi mỡ để tháo lắp được dễ dàng.

Ống đổ bê tông được lắp dần từng đoạn từ dưới lên. Để lắp ống đổ được thuận tiện người ta sử dụng một hệ giá đỡ đặc biệt đặt qua miệng hố vách, trên giá có 2 nửa vành khuyên có bản lề, miệng của mỗi đoạn ống đổ có đường kính to hơn và khi thả xuống thì bị giữ lại trên hai nửa vành khuyên đó. Vì thế ống đổ bê tông được treo vào miệng hố vách qua giá đỡ đặc biệt này. Khi nửa vành khuyên trên giá đỡ sập xuống sẽ tạo thành một hình tròn ôm khít lấy thân ống đổ bê tông.

Đáy dưới của ống đổ bê tông được đặt cách đáy hố khoan 20cm để tránh bị tắc ống do đất đá dưới đáy hố khoan nút lại.

**7. Công tác đổ bê tông và rút ống vách**

Sau khi kết thúc thổi rửa hố khoan và đặt lồng thép cần phải tiến hành đổ bê tông ngay, vì để lâu bùn cát sẽ tiếp tục lắng ảnh hưởng đến chất lượng của cọc.

Về nguyên tắc đổ bê tông cọc khoan nhồi là đổ bê tông dưới nước bằng ống dẫn, cho nên tỷ lệ cấp phối bê tông phải phù hợp về độ dẻo, độ dính, dễ chảy trong ống dẫn mà không hay bị gián đoạn, thường người ta dùng loại bê tông dẻo có độ sụt 13 ÷ 18cm. Tỷ lệ cát khoảng 45%, lượng xi măng trên 370kg/$m^3$. Tỷ lệ nước xi măng nhỏ hơn 50%. Thường người ta dùng đá sỏi vì bê tông đá sỏi dễ chảy hơn bê tông đá dăm.

Để tang cường một số tính chất của bê tông và thuận lợi trong thi công người ta có thể cho vào bê tông một số chất phụ gia như chất tăng khí, chất giảm nước hoặc chất đóng rắn chậm.

***a) Hình thức ống dẫn dùng để đổ bê tông :***

Có 2 loại : Loại đậy đáy và loại có van trượt

+ Loại dậy đáy là loại ống dẫn có một cái nắp đậy ở dưới đáy. Đậy nắp lại và cho ống dẫn từ từ chìm xuống đáy hố, lúc này trong ống dẫn không có nước. Sau đó, tiến hành đổ bê tông vào và nhấc ống dẫn lên cái nắp sẽ rơi ra và lưu lại ở đáy hố.

Người ta cũng có thể sử dụng một nút bấc đặt vào ống đổ để ngăn cách giữa bê tông và dung dịch bentonite trong ống đổ, sau khi nhấc ống

đổ lên nút bấc sẽ rơi ra và nổi lên mặt bentonite trên miệng cọc và được thu hồi.

+ Phương pháp van trượt : Theo phương pháp này đáy ống dẫn vẫn để hở, cũng như phương pháp trên người ta từ từ đưa ống dẫn xuống đến cách đáy hố khoan khoảng 10 đến 20cm.

Trước khi đổ bê tông cho van trượt vào trong ống đổ sát tới mặt dung dịch bentonite, sau đó nhờ trọng lượng bê tông được đổ liên tục mà đẩy nước ở trong ống dẫn ra ngoài.

***b) Tốc độ và thời gian đổ bê tông :***

Nếu quá trình đổ bê tông bị gián đoạn thì dễ sinh ra sự cố đứt cọc, cho nên đổ bê tông phải thật liên tục, mặt khác nếu để phần bê tông đổ trước đã vào giai đoạn sơ ninh thì sẽ trở ngại cho việc chuyển động của bê tông đổ tiếp theo trong ống dẫn.

Tốc độ đổ bê tông nên cố gắng càng nhanh càng tốt. Phương pháp thông dụng là cho trực tiếp bê tông từ xe vận chuyển qua máng vào trong phễu của ống dẫn, tuy vậy nếu đổ quá nhanh cũng sẽ có vấn đề là tạo ma sát lớn giữa bê tông và thành hố khoan gây lở đất làm giảm chất lượng bê tông. Kinh nghiệm cho thấy tốc độ đổ bê tông thích hợp là vào khoảng $0,6m^3$/phút.

Thời gian đổ bê tông một cọc chỉ nên khống chế trong 4 giờ, vì mẻ bê tông đổ đầu tiên sẽ bị đẩy nổi lên trên cùng nên mẻ bê tông này nên có phụ gia kéo dài ninh kết để đảm bảo nó không bị ninh kết trước khi kết thúc hoàn toàn việc đổ bê tông cọc đó. Ngoài ra còn phải chú ý là theo phương pháp ống dẫn thì khoảng 1,5 giờ từ khi bắt đầu trộn bê tông phải đổ cho kỳ hết.

***c) Độ sâu cắm ống dẫn vào trong bê tông và độ cao vượt lên của bê tông trên đầu cọc :***

Trong quá trình đổ bê tông ống đổ được rút dần lên bằng cách tháo bỏ dần từng đoạn ống sao cho ống luôn luôn ngập trong vữa bê tông từ 2 - 9m mục đích để đẩy bê tông từ đáy ống dẫn ra, bê tông dâng dần lên không để cho dung dịch bentonite và bùn cát phía trên lẫn vào bê tông.

Mặt khác nếu ống dẫn cắm vào bê tông quá sâu thì bê tông phần đáy của ống chảy không thông và sẽ làm cho bê tông trong phễu ở đầu ống dẫn

bị tràn ra ngoài và rơi tự do vào trong lỗ làm kém chất lượng bê tông và làm giảm rất nhiều khả năng giữ thành đất của dung dịch bentonite.

Ở phần trên đầu cọc, khi đổ bê tông dưới nước thì không thể tránh khỏi bùn, cặn lắng lẫn vào trong bê tông làm giảm chất lượng của bê tông, do vậy để đảm bảo an toàn người ta thường đổ bê tông cọc vượt lên một đoạn so với độ cao của thiết kế. Đoạn vượt lên này thường là khoảng 50cm.

Để kết thúc quá trình đổ bê tông, phải xác định được cao trình của bê tông và cao trình thật của bê tông chất lượng tốt. Việc quyết định thời điểm ngừng đổ bê tông sẽ do nhà thầu đề xuất và giám sát hiện trường chấp thuận.

*d) Rút ống vách :*

Lúc này các giá đỡ, sàn công tác, treo cốt thép vào ống vách đều được tháo dỡ. Ống vách được kéo lên từ từ bằng cần cẩu và phải kéo thẳng đứng để tránh xê dịch tim đầu cọc. Có thể gắn thêm một thiết bị rung vào ống vách để việc rút ống vách được dễ dàng.

Sau khi rút ống vách phải lấp cát vào hố cọc nếu cọc sâu, lấp hố thu bentônite và rào chắn tạm bảo vệ cọc.

Không được phép rung động hoặc khoan cọc khác trong vòng 24 giờ kể từ khi kết thúc đổ bê tông cọc trong phạm vi 5 lần đường kính của cọc.

**8. Kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi**

Việc kiểm tra chất lượng thi công cọc khoan nhồi nói chung phải thực hiện trực tiếp tại hiện trường, do sự phức tạp trong thi công, giá thành cũng như tính chất quan trọng của cọc khoan nhồi đối với công trình nên yêu cầu kiểm tra ở giai đoạn chế tạo cọc phải hết sức nghiêm ngặt, tỷ lệ lượng cọc kiểm tra nhiều vì nếu có một sự sai sót nào trong quá trình chế tạo gây hư hỏng sẽ rất khó sửa hoặc nếu khắc phục thì chi phí sẽ rất lớn.

Kết quả nghiên cứu cho thấy: nguyên nhân gây hư hỏng cọc khoan nhồi rất đa dạng, nhưng phần lớn các khuyết tật là do công nghệ thi công không thích hợp gây ra, vì vậy cần phải kiểm tra chặt chẽ toàn bộ các công đoạn thi công cọc.

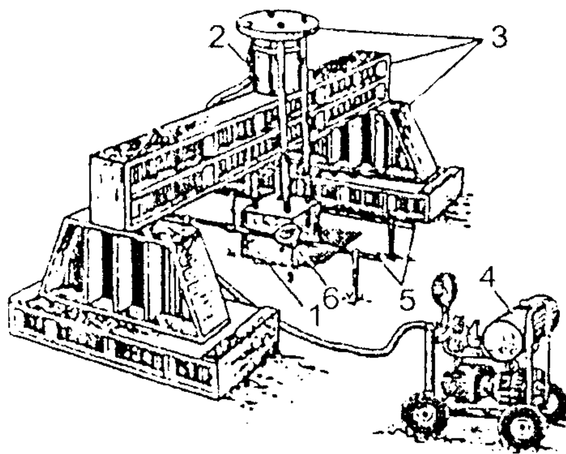
Tuy vậy, sau khi đã đổ bê tông việc kiểm tra chất lượng cọc vẫn rất cần thiết nhằm phát hiện các khuyết tật và xử lý những cọc bị hư hỏng. Đối tượng của việc kiểm tra cọc khoan nhồi là chất lượng của nền đất và chất lượng của bản thân cọc.

Vấn đề kiểm tra cả 2 chỉ tiêu này đã có nhiều phương pháp thực hiện bằng những công cụ hiện đại, có thể phân theo 2 phương pháp cơ bản là phương pháp tĩnh và phương pháp động.

***a. Kiểm tra bằng phương pháp tĩnh***

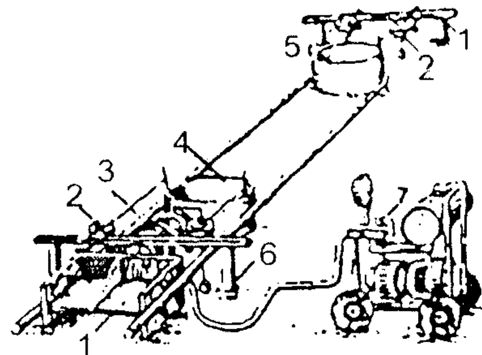
*(1) Phương pháp gia tải tĩnh:*

Đây là phương pháp phổ biến và đáng tin cậy để kiểm tra khả năng chịu tải của cọc. Tuỳ theo yêu cầu cụ thể người ta có thể xác định khả năng chịu nén, chịu kéo hay chịu đẩy của cọc (hình 2-54, 2-55).




***Hình 2-54.*** *Giá thử cọc chịu lực nhổ thẳng đứng*

1. Cọc thử; 2. Kích thủy lực;
3. Giá thử nghiệm;
4. Trạm bơm dầu cho kích
5. Hệ thống lắp đồng hồ đo;
6. Đồng hồ đo chuyển vị




***Hình 2-55.*** *Thử cọc chịu tải trọng ngang*

1. Thiết bị thử;
2. Đồng hồ đo chuyển vị
3. Kích thủy lực; 4. Cọc thử.
5. Cọc neo; 6. Hệ thống lắp đồng hồ
7. Trạm bơm dầu cho kích

Về đối trọng gia tải có thể sử dụng các vật nặng để chất tải hoặc sử dụng khoan neo xuống đất. Có 2 quy trình nén tĩnh được sử dụng nhiều trong thực tế là:

+ Quy trình thí nghiệm nén chậm với tải trọng không đổi để đánh giá đồng thời khả năng chịu tải và tốc độ lún của cọc theo thời gian. Thí nghiệm cọc theo quy trình này đòi hỏi nhiều thời gian, có thể kéo dài nhiều ngày.

+ Quy trình tốc độ chuyển dịch không đổi nhằm mục đích duy nhất là đánh giá khả năng chịu tải của cọc. Thí nghiệm theo quy trình này chỉ kéo dài từ 3-5 giờ.

Ngoài 2 quy trình kể trên người ta còn áp dụng một số quy trình gia tải khác như: Quy trình thí nghiệm nhanh với gia tải không đổi, quy trình thí nghiệm cân bằng...

Nhược điểm cơ bản của phương pháp thí nghiệm nén tĩnh là giá thành rất cao và công tác chuẩn bị thí nghiệm đòi hỏi nhiều thời gian.

*(2) Phương pháp khoan lấy mẫu ở lõi cọc*

Dùng máy khoan đá để khoan lấy các mẫu hình trụ có đường kính 50-150mm ở các độ sâu khác nhau dọc suốt chiều dài thân cọc ở 3 vị trí cách đều nhau trên mặt cắt ngang của cọc.

Ưu điểm của phương pháp này là có thể xác định chính xác chất lượng bê tông của cọc, nhưng nhược điểm là chi phí lấy mẫu khá lớn. Khi khoan 3 lỗ cho mỗi cọc, nếu khoan hết cả chiều dài thì chi phí khoan xấp xỉ giá thành của cọc

*(3) Phương pháp siêu âm*

Đây là một phương pháp rất phổ biến, vì nhờ nó có thể phát hiện những khuyết tật của bê tông đồng thời dựa vào sự tương quan giữa tốc độ truyền sóng và cường độ bê tông ta có thể biết được cường độ bê tông mà không phải lấy mẫu hay phá huỷ kết cấu.

Người ta đặt hai ống thép có đường kính 80mm vào lồng thép với chiều dài ống bằng chiều sâu hố đào và đối xứng nhau qua trục của cọc trước khi tiến hành đổ bê tông. Sau này, khi kiểm tra chất lượng của cọc thì đưa đầu thu và đầu phát siêu âm vào 2 ống thép trên và luôn được giữ ở cùng một cao trình, sóng siêu âm sẽ quét theo tiết diện của cọc. Bằng cách này người ta đánh giá được chất lượng bê tông nằm giữa 2 lỗ khoan. Để kiểm

tra chặt chẽ hơn chất lượng cọc, có thể khoan hoặc đặt sẵn từ 3-5 lỗ trên mỗi cây cọc thí nghiệm.

Có thể sử dụng phương pháp siêu âm mà đầu thu và đầu phát cùng được gắn trên một thanh chế tạo bằng vật liệu cách âm.

Phương pháp siêu âm cho kết quả khá chính xác, đáng tin cậy giá thành thí nghiệm lại không cao lắm. ở nhiều nước đã quy định số cọc phải thí nghiệm theo phương pháp này là 10% số cọc.

***b. Kiểm tra bằng phương pháp động***

*(1) Phương pháp đo âm dội*

Nguyên lý là sử dụng lý thuyết từ hiện tượng âm dội: Người ta gõ một búa vào đầu cọc một thiết bị ghi gắn ngay trên đầu cọc ấy để ghi các hiệu ứng về âm dội kết quả đo đạc sẽ được máy tính xử lý để cho ra kết quả về chất lượng cọc.

Phương pháp này đơn giản, tốc độ kiểm tra rất nhanh có thể đạt tới 300 cọc/ngày, nhưng nhược điểm cơ bản của nó là độ chính xác chỉ đạt yêu cầu với độ sâu 20m trở lại (người ta còn gọi là phương pháp biến dạng nhẹ)

*(2) Phương pháp rung*

Cọc thí nghiệm được rung cưỡng bức với biên độ không đổi trong khi tần số rung được thay đổi trong một dải khá rộng. Tần số cộng hưởng đo được sẽ cho ta biết các khuyết tật của cọc như tiết kiệm bị giảm yếu, cường độ bê tông thay đổi...

Phương pháp này chỉ mới được áp dụng chủ yếu là ở Pháp bởi thí nghiệm khá phức tạp và đòi hỏi người phân tích đánh giá kết quả phải có trình độ cao và nhiều kinh nghiệm.

*(3) Phương pháp biến dạng lớn*

Theo phương pháp này, xung chấn động được tạo bởi búa có trọng lượng đủ lớn (15 ÷ 20 tấn) để huy động toàn bộ khả năng chịu tải của đất nền. Trong thí nghiệm chỉ cần 2 ÷ 3 nhát búa là đủ, nhưng cọc phải đạt độ dịch chuyển cần thiết. Người ta ghi sóng gia tốc và sóng biến dạng cho mỗi nhát búa. Kết quả sẽ được xử lý bằng các chương trình máy tính. Do

năng lượng sử dụng trong thí nghiệm rất lớn nên trong thực tế có thể phát hiện được khuyết tật của cọc ở độ sâu không hạn chế.

Nhược điểm của phương pháp này là thiết bị của búa nặng và cồng kềnh mặt khác do lực xung động lớn có thể làm hỏng cọc.

*(4) Phương pháp tĩnh động (Statnamic) :*

Nguyên lý là áp dụng nguyên tắc hoạt động của động cơ tên lửa : thiết bị thí nghiệm được gắn vào đầu cọc cùng với thiết bị gây nổ để tạo ra phản lực trên đầu cọc. Khi nổ các thông số về gia tốc, biến dạng và chuyển vị đầu cọc sẽ được thiết bị thí nghiệm ghi lại và nhờ các phương trình về truyền sóng sẽ cho ta biểu đồ quan hệ giữa tải trọng tác dụng và chuyển vị, từ đó sẽ xác định được tải trọng giới hạn của cọc.

## III. THI CÔNG CỌC BARRETTE

Cọc Barrette là một loại cọc nhồi bê tông cốt thép, tiết diện đơn vị cơ sở của cọc là hình chữ nhật. Người ta có thể tổ hợp để tạo ra các tiết diện cọc có hình thù đa dạng như tiết diện chữ H, chữ L, chữ I, +...

Việc tạo lỗ hố cọc được thực hiện bằng cách đào bằng gầu đào. Gầu đào có nhiều loại có kích thước khác nhau, cho nên kích thước tiết diện cọc cũng có nhiều loại khác nhau.

Đặc điểm của cọc barrette là sức chịu tải của một cọc rất lớn, cao nhất có thể lên tới 6.000 tấn và độ sâu chôn cọc tối đa có thể lên tới 150m, cọc có độ thẳng đứng gần như tuyệt đối.

Do cọc có chu vi lớn nên nhiều khi chỉ lực ma sát thành cọc đã đủ yêu cầu chịu tải nên không cần đưa mũi cọc xuống tận các lớp đất đá cứng ở dưới sâu.

Do tiết diện cọc barrette rất đa dạng, moment kháng uốn lớn, cho nên rất thích hợp với các công trình chịu tải trọng ngang như chịu tải trọng gió hoặc động đất.

Cọc barrette đã được nghiên cứu và sử dụng nhiều nơi trên thế giới, ví dụ như:

- Công trình Paris Etoile-Neuilly là một toà nhà làm văn phòng tại vùng Neuilly của Pháp công trình sử dụng 13 cọc barrette hình chữ thập và chữ I có sức chịu tải từ 400 đến 1450 tấn.

- Công trình THE NEW BRISTOL HARBOUR (Anh) đã sử dụng các loại cọc barrette có chiều rộng 0,6m và 0,8m chiều dài từ 2,2 ÷ 9,75m và sâu từ 13 tới 17m.

- Công trình nhà máy điện hạt nhân BLAYAIS 3600 MW (Pháp) đã sử dụng tới 365 cọc barrette có kích thước 0,5×1,8m và 0,8×1,8m có độ sâu trung bình khoảng 20m.

- Công trình KUALA LAMPUR CITY CENTRE ở Malaysia là 2 toà nhà chọc trời giống hệt nhau cao 452m diện tích mặt bằng 29.000m$^2$. Mỗi toà nhà có 85 tầng, móng nhà gồm 85 cọc barrette có kích thước 1,2×2,8m sâu từ 60 tới 125m và 19 cọc barrette khác có kích thước 0,8×2,8m sâu từ 40 tới 60m. Đài cọc là một khối bê tông dày 4,5m có đường kính 50m. Tổng khối lượng bê tông của phần móng là 40400m$^3$, khối lượng cốt thép là 3250 tấn.

- Ở Việt Nam cọc barrette cũng đã được đưa vào áp dụng tại thành phố Hồ Chí Minh và Hà Nội từ năm 1994 như :

+ Dự án HARBOUR VIEW TOWER - 35 Nguyễn Huệ thành phố Hồ Chí Minh xây dựng 2 tầng hầm và 19 tầng lầu sử dụng 6 cọc barrette 0,6×2,8m có độ sâu từ 44,5m tới 46,5m

+ Dự án SAIGON CENTRE - 65 Lê Lợi thành phố Hồ Chí Minh, xây dựng công trình có quy mô 3 tầng hầm và 25 tầng lầu đã sử dụng 12 cọc barrette 1,2×0,5m; 11 cọc 1,2×5,0m ; 12 cọc barrette 1,2×2,8m ; 11 cọc 0,6×2,8m tất cả các cọc đều sâu 50m.

+ Dự án VIETCOMBANK TOWER - 198 Trần Quang Khải Hà Nội công trình có 22 tầng lầu và hai tầng hầm đã phải sử dụng 58 cọc barrette kích thước 0,8×2,8m và sâu 55m

Ngoài những công trình tiêu biểu trên ở Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh cũng còn một số công trình đã được áp dụng công nghệ cọc barrette nhưng số lượng cọc không lớn.

**1. Cơ sở lý thuyết tính toán cọc barrette**

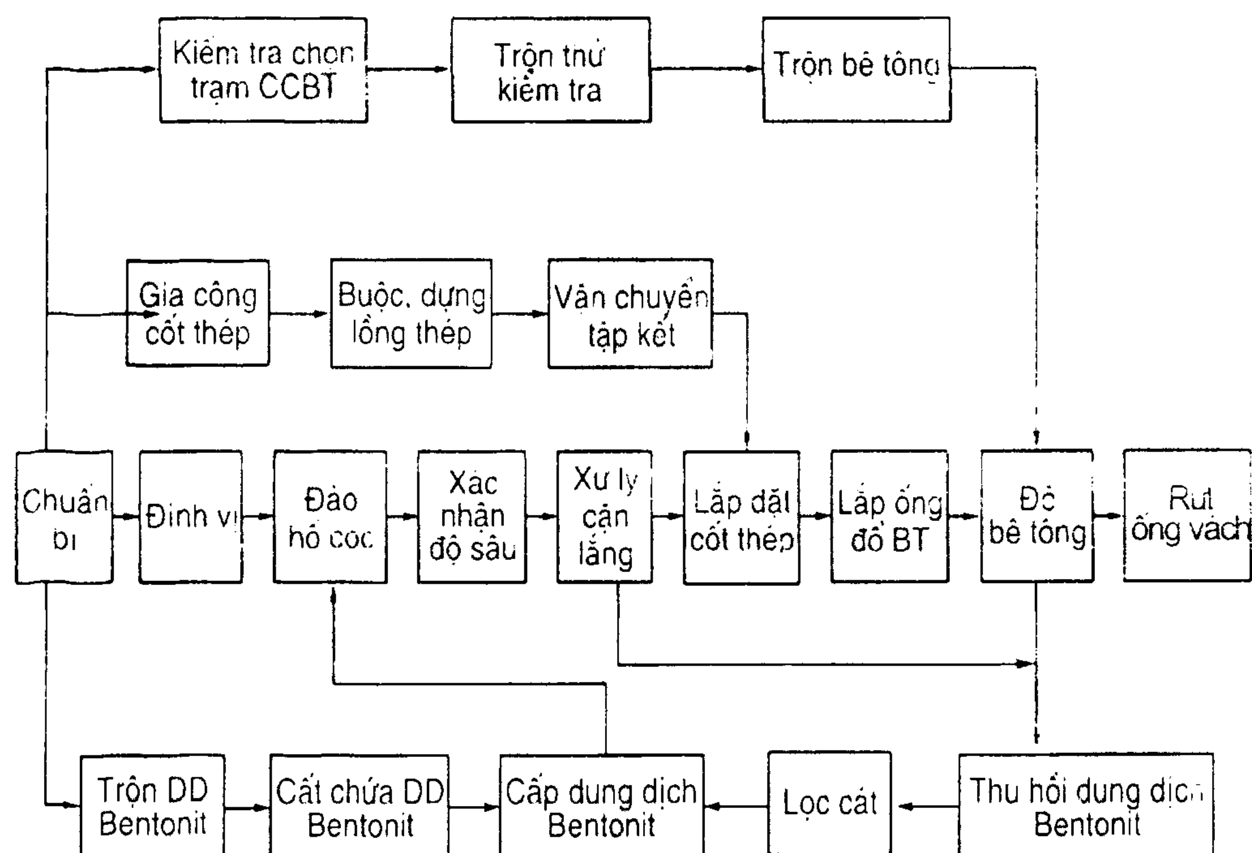
Cơ sở lý thuyết tính toán về sức chịu tải và độ lún của cọc barrette không có gì khác so với việc tính toán sức chịu tải và độ lún của cọc

thông thường, chỗ đặc biệt chỉ là cọc barrette có tiết diện chữ nhật, chữ I, chữ L, chữ thập... chứ không phải là hình tròn hay vuông như các loại cọc thông thường khác.

Cũng như với các loại cọc khác, việc tính toán sức chịu tải của cọc barrette phải dựa vào hai kết quả là sức chịu tải của cọc theo vật liệu và sức chịu tải của cọc theo đất nền.

**2. Công nghệ thi công cọc barrette**

Về công nghệ thi công cọc barrette trên nguyên tắc cũng không khác gì công nghệ thi công đối với cọc khoan nhồi, điểm mấu chốt và là đặc trưng của công nghệ thi công cọc barrette là gầu đào và cách đào đất.




*Hình 2-56. Quy trình công nghệ thi công cọc barrette*

Có 3 loại gầu đào và vì thế cũng có 3 cách đào đất khác nhau trong thi công cọc barrette.

*a) Loại gầu đào dạng thùng có 2 cáp treo của công ty Bachy Soletanche (Pháp)*

Loại gầu này có trọng lượng khá lớn từ 6,5 ÷ 17 tấn, gầu có hình dạng như cái thùng và được treo vào cần máy bằng 2 sợi dây cáp. Thùng của gầu có tác dụng làm tăng thêm trọng lượng cho gầu, để tạo ra một khung dẫn hướng cho gầu, miết mạnh vào vách đất của hố đào chống sụt lở hố đào. Ngoài ra, nó còn có tác dụng bảo vệ và làm hệ thống ray trượt cho các pu-ly trong gầu. Các thao tác đóng mở miệng gầu được thực hiện bởi 2 sợi cáp treo. Gầu có các loại kích thước như sau:

Chiều rộng : 0,4m ; 0,5m ; 0,6m ; 0,8m: 1,0m ; 1,2m ; 1,5m

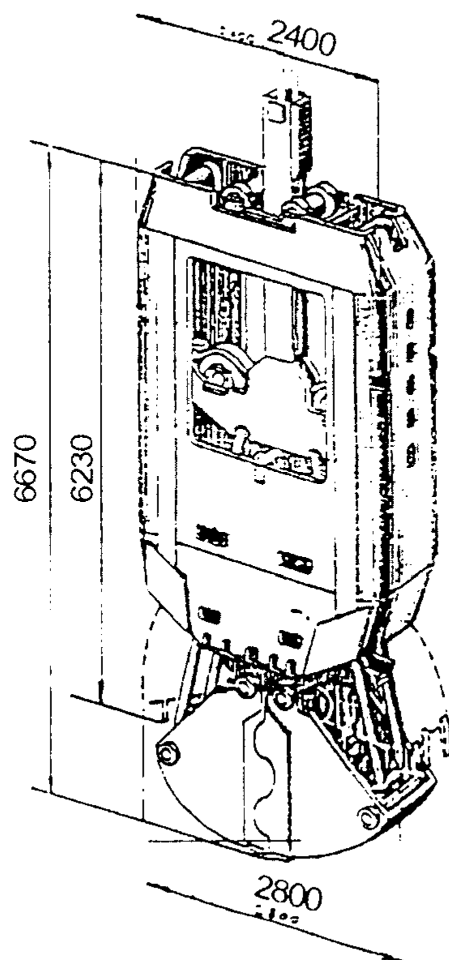
Chiều dài : 1,8m ; 2,2m ; 2,8m ; 3,6m

Đặc điểm của gầu đào dạng thùng này là do trọng lượng bản thân gầu lớn đất đá sẽ bị vỡ dưới sức nặng của gầu nên có thể đào những loại đất tương đối rắn (cường độ khoảng 10 MPa). Mặt khác, do gầu nặng lại được treo bằng cáp và trọng tâm của gầu ở rất thấp nên khi làm việc gầu rất ổn định. Vì thế, gầu này còn có tên là gầu tự dẫn hướng. Do vỏ gầu được cấu tạo bởi một thùng sắt có chiều dài lớn tới 6,67m, nên khi ta thả cáp cho gầu rơi tự do để đào đất, vỏ gầu miết mạnh vào thành hố đào tạo nên một màng cứng có tác dụng giữ thành hố hạn chế đến mức tối đa việc sập thành hố đào (hình 2-57).

*b) Loại gầu đào dùng thủy lực*

Máy cơ sở để thi công đối với loại gầu này là máy có nguồn cấp thuỷ lực. Người ta dùng áp lực dầu để mở miệng gầu, sau đó đưa gầu tới sát mặt đất đào và bơm dầu để đóng miệng gầu lại để ngoạm và giữ đất trong gầu. Nước bùn sẽ trào ra ngoài từ những lỗ nhỏ trên thành của miệng gầu sau đó cuốn cáp để kéo gầu lên và đưa gầu tới vị trí đổ đất (hình 2-58, 2-59).

Gầu này thích hợp với những loại đất không cứng lắm (cường độ khoảng 5MPa).




*Hình 2-57. Gàu ngoạm kiểu dạng thùng có 2 cáp treo*

Hình dáng gầu đào gọn, không cồng kềnh nên dễ vận chuyển và khi đào ít gây chấn động tới các công trình xung quanh.

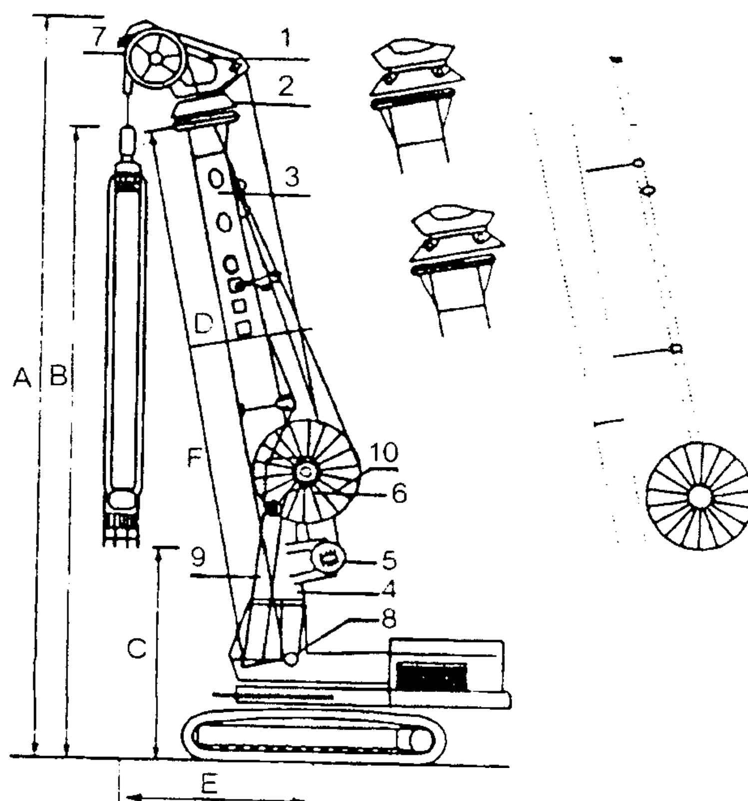
Nhược điểm của gầu thủy lực là sự linh hoạt kém do hệ thống thuỷ lực đi kèm với gầu đào mặt khác không có ống bao để ép chặt thành đất nên nếu thao tác nhanh cũng dễ xảy ra hiện tượng sập thành.

*c) Loại gầu cắt đất*

Đây là một loại gầu đặc biệt vì nó đào đất mà không phải nhấc gầu lên khỏi miệng hố đào, độ thẳng đứng gần như tuyệt đối và đặc biệt là nó có thể đào được hầu hết các loại đất (cường độ tối đa tới 100MPa).

Về cấu tạo gầu này gồm một khung kim loại nặng có tác dụng như một khung dẫn hướng. Trong khung được gắn 2 bánh răng cắt gồm nhiều răng nhỏ được quay ngược chiều nhau bằng 2 môtơ, các răng này làm

nhiệm vụ cắt đất đá. Một máy hút bùn được đặt ngay bên trên giữa hai bánh răng cắt có tác dụng hút tất cả các mùn khoan cùng dung dịch bentonite đưa lên trên tới máy lọc (hình 2-60, 2-61).

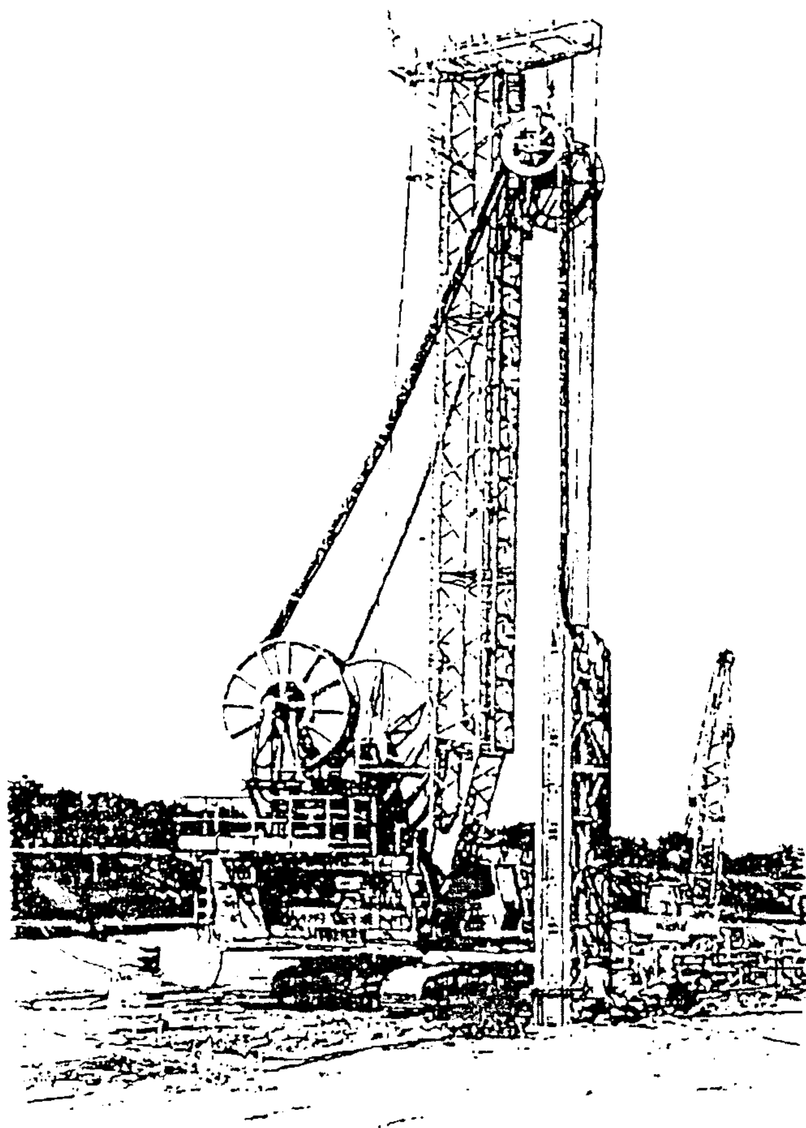



*Hình 2-58. Loại gầu đào dùng thủy lực*

1. Đỉnh cần; 2. Hệ thống trượt; 3. Đầu cần;
4. Đuôi cần; 5. Trục để cuộn tời;
6. Trống để cuộn các đường ống thủy lực có sự điều khiển bằng thủy lực;
7. Guồng quay của các đường ống dẫn thủy lực;
8. Chốt giữa cần và máy chính (máy cơ sở);
9. Xilanh nâng cần;
10. Trống để cuộn dây cáp (dây cáp này để xác định độ thẳng đứng của gầu)

Cần cẩu mang loại gầu này được gắn thêm một nguồn thủy lực chuyên dụng để cung cấp năng lượng cho các môtơ.

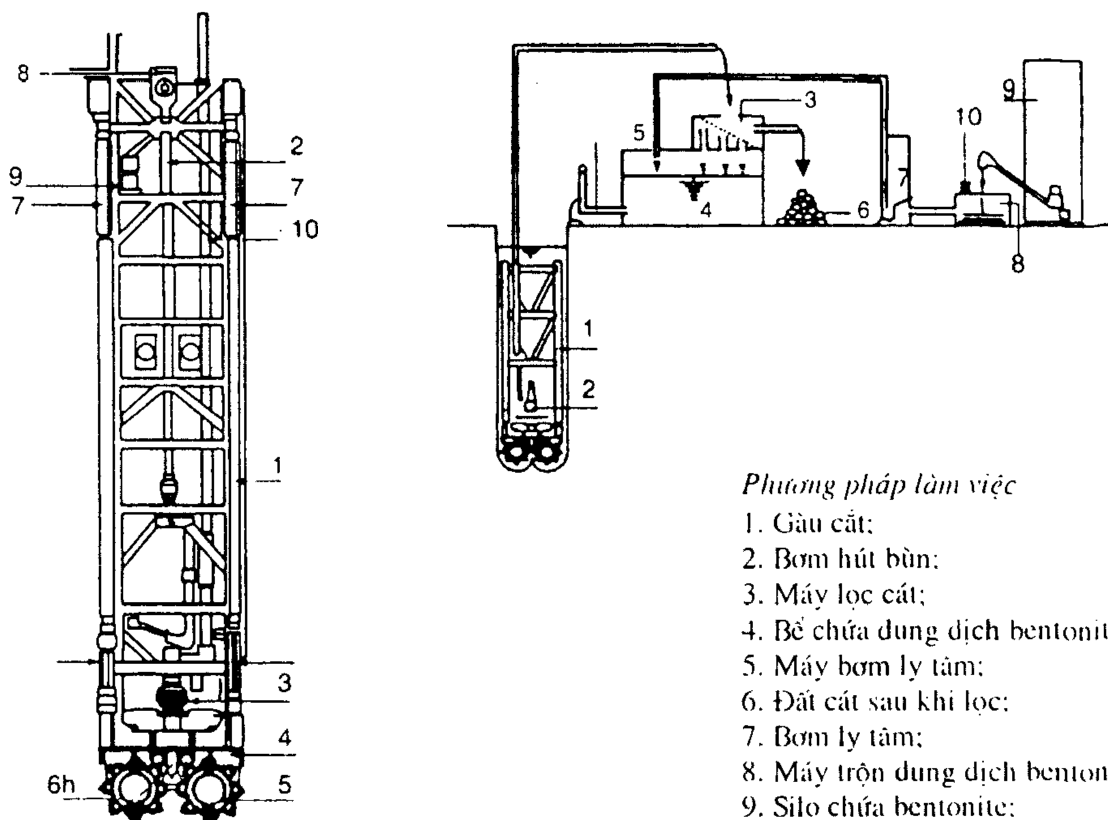
Dùng loại gầu cắt đất để thi công thì ngay sau khi hố đào đạt độ sâu thiết kế, người ta lập tức tiến hành đặt cốt thép và đổ bê tông mà bỏ qua giai đoạn thay dung dịch bentonite và thổi rửa hố đào.



*Hình 2-59. Thi công cọc barrette*

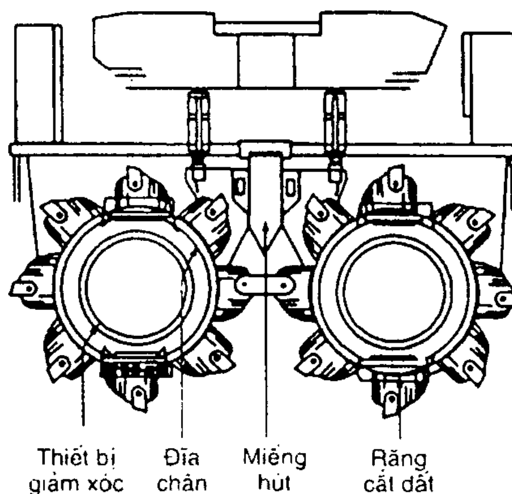
Loại gầu này rất thích hợp cho việc thi công tường chắn đất vì các bánh răng của gầu có khả năng cắn vào lớp bê tông đổ trước vài cm tạo ra một loạt các khe hở rất thuận lợi cho việc cách nước khi đổ các lớp bê tông tiếp theo. Vì gầu cắt đất bằng bánh răng nên không cần dùng búa đục đá, do vậy khi đào đất không gây ra bất cứ một rung động nào có thể ảnh hưởng đến các công trình xung quanh. Vì thế, nó rất thuận tiện khi sử dụng cho thi công các công trình xây chen trong thành phố.

Về lý thuyết thì khả năng đào sâu của gầu là vô cùng, nhưng thực tế chỉ có thể đào sâu tới 150m vì phụ thuộc vào trống quay của tời có đủ chỗ để quấn cáp, các đường ống hút và đường ống thuỷ lực hay không ?



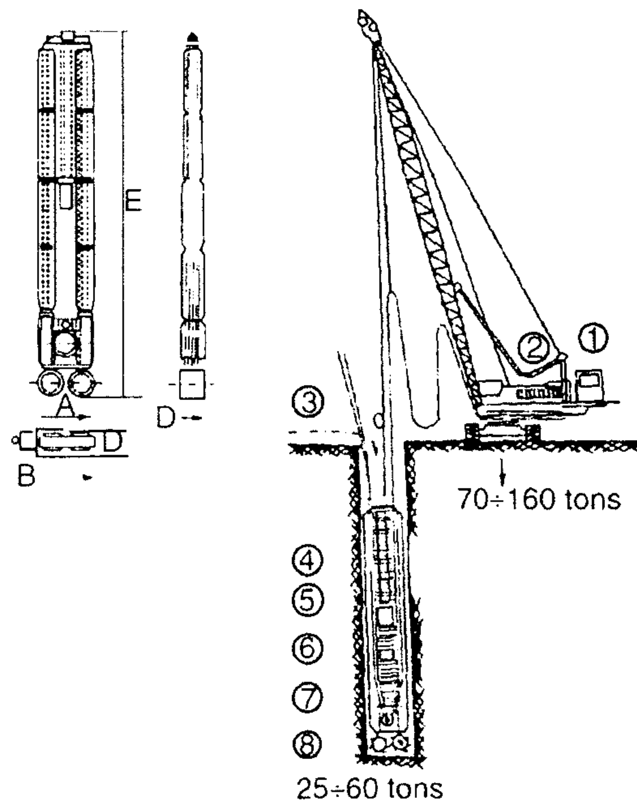

1. Khung dẫn gầu; 2. Xilanh tăng chiều sâu gầu;
3. Máy bơm hút bùn; 4. Hộp số; 5. Bánh răng cắt;
6. Miệng hút bùn; 7. Tấm đĩa lái; 8. Puly treo gầu;
9. Các đường ống dẫn dầu thủy lực;
10. ống dẫn bùn

*Phương pháp làm việc*
1. Gàu cắt;
2. Bơm hút bùn;
3. Máy lọc cát;
4. Bể chứa dung dịch bentonit;
5. Máy bơm ly tâm;
6. Đất cát sau khi lọc;
7. Bơm ly tâm;
8. Máy trộn dung dịch bentonite;
9. Silo chứa bentonite;
10. Nước sạch.




*Hình 2-60. Gàu cắt đất có 2 bánh răng quay*

Nhược điểm của loại gầu này là giá thuê máy đắt hơn nhiều lần so với giá thuê gầu ngoạm. Vì thế chỉ nên áp dụng đối với các công trình có yêu cầu độ chính xác cao và cần sạch sẽ.




*Hình 2-61. Thi công cọc barrette bằng gầu cắt, thùng gầu nặng 25-60 tấn*

1. Nguồn cấp dầu thủy lực; 2. Cần cẩu mang gầu;
3. Dung dịch bentonite bơm trở lại sau khi lọc cát;
4. Xilanh tăng chiều sâu của gầu; 5. Thiết bị dẫn hướng gầu khoan
6. Máy đo độ nghiêng của gầu; 7. Bơm hút bùn; 8. Bánh răng cắt

## Phần 3

# NHỮNG PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG XÂY DỰNG PHẦN THÂN CÁC CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP

## Chương I

## XÂY DỰNG THEO PHƯƠNG PHÁP ĐÚC TOÀN KHỐI

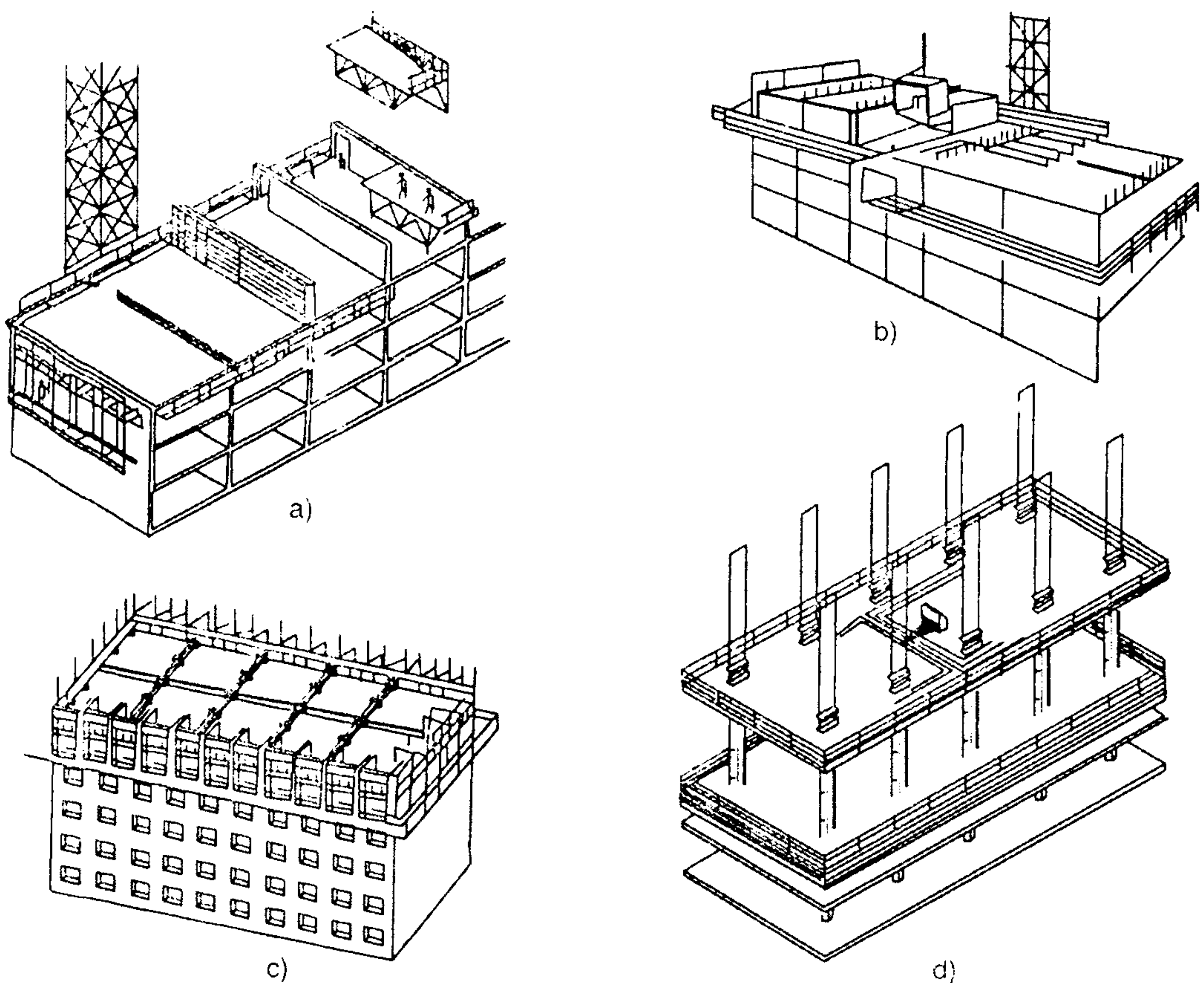
Trước khi có một công trình bê tông cốt thép đúc toàn khối, người ta phải làm một công trình tạm bằng gỗ hoặc bằng các loại vật liệu hỗn hợp khác đúng như công trình bê tông, đó là ván khuôn. Ván khuôn càng phức tạp, giàn giáo càng cao thì công trình bê tông đổ tại chỗ càng đắt và càng tốn nhiều công lao động.

Theo thống kê ở nhiều nước công tác ván khuôn chiếm tới 15-33% giá thành kết cấu bê-tông và có thể chiếm tới 30-50% tổng số công lao động. Vì vậy nếu trong công tác xây dựng người ta bỏ hoặc giảm được giàn giáo, dùng rất ít ván khuôn thì rõ ràng bê tông đổ tại chỗ sẽ rất kinh tế.

Theo những số liệu thống kê của Liên Xô trước đây nếu sử dụng biện pháp thi công mới thì nhà bê tông đổ toàn khối so với nhà lắp ghép tấm lớn có những ưu điểm sau:

- Lượng sắt thép giảm được 20-30%;
- Giá thành có thể hạ 4-5%;
- Công lao động tương đương;
- Độ chắc chắn và độ bền cao hơn.

Đó là chưa kể những mặt thuận lợi khác như: không phải xây dựng những nhà máy sản xuất cấu kiện đúc sẵn tại các địa phương, không đòi hỏi các điều kiện về đường sá, phương tiện vận chuyển, bốc xếp, lắp ghép tương đối hiện đại đắt tiền mà không phải nền kinh tế nào cũng đáp ứng được. Mặt khác, về kỹ thuật xây dựng ngày càng có khả năng cơ giới hoá một phần hoặc toàn bộ các quá trình thi công bê tông đúc tại chỗ mà trước đây phải làm thủ công, do đó giảm nhẹ rất nhiều sức lao động của người thợ, nâng cao chất lượng và hạ giá thành.




*Hình 3-1. Đổ bê tông toàn khối theo phương pháp hiện đại.*
*a. Sử dụng cốp pha tấm lớn đổ bê tông tường và sàn;*
*b. Sử dụng cốp pha tuy-nen; c. Sử dụng cốp pha trượt;*
*d. Đổ bê tông sàn toàn khối theo phương pháp nâng tầng và nâng sàn.*

Phương pháp thi công bê tông đúc tại chỗ hiện nay ở nhiều nước đã trở thành một phương pháp công nghiệp hoá trong xây dựng hiện đại (hình 3-1).

Công nghiệp hoá công việc xây dựng nhà và công trình bằng bê tông cốt thép đổ tại chỗ, tức là: sử dụng các loại vữa bê tông thương phẩm sản xuất tại nhà máy; các quá trình vận chuyển, đổ, đầm được cơ giới hoá tổng hợp; sử dụng các loại xe trộn và bơm bê tông; sử dụng các loại cốp pha luân lưu cỡ lớn tháo lắp dễ dàng, các loại ván khuôn di động; dùng lưới cốt thép, khung cốt thép phẳng, khung cốt thép không gian hoặc cốt thép cứng; cơ giới hoá cao độ hoặc tự động hoá khâu cân đong, chế trộn vữa bê tông...; rút ngắn quá trình ninh kết của bê tông để nhanh chóng tháo dỡ ván khuôn bằng các biện pháp hiện đại như hút nước trong bê tông hoặc hấp bê tông...

Kinh nghiệm của nhiều nước tiên tiến cho thấy: nếu sử dụng biện pháp thi công hiện đại, được trang bị và chuẩn bị tốt thì có thể thi công những công trình bê tông cốt thép đổ toàn khối với tốc độ không thua kém gì tốc độ thi công những công trình lắp ghép.

Sau đây sẽ trình bày các công nghệ tiên tiến trong thi công kết cấu bê tông cốt thép đổ toàn khối:

## I. CÔNG NGHỆ CỐP PHA TẤM LỚN:

### 1. Đặc điểm của công nghệ cốp pha tấm lớn:

- Cốp pha tấm lớn là một loại cốp pha định hình có kích thước lớn và được sử dụng luân lưu cho một loại kết cấu.

- Các chi tiết liên kết được chế tạo chính xác để đảm bảo cho quá trình tháo lắp được dễ dàng.

- Trọng lượng của loại cốp pha này khá lớn vì chúng thường có kích thước bằng bề mặt cấu kiện cho nên phải có thiết bị cẩu lắp và vận chuyển.

- Kích thước hình học của cốp pha yêu cầu có độ chính xác cao.

- Vật liệu làm cốp pha tấm lớn thường là loại có chất lượng tốt, như: gỗ dán chịu nước, gỗ tấm ép nhân tạo, hỗn hợp thép gỗ, cốp pha thép,

thép hợp kim... Do đó, giá thành của chúng tương đối cao. Thực tế cho thấy muốn giảm giá thành thi công theo công nghệ này thì cần phải nghiên cứu để giảm chi phí cho cả 5 công đoạn chính: gia công chế tạo, lắp dựng, sử dụng, tháo dỡ và bảo dưỡng.

**2. Những ưu điểm chính của việc sử dụng cốp pha tấm lớn (đặc biệt là trong thi công nhà nhiều tầng)**

***a. Do bề mặt tấm cốp pha lớn nên chất lượng bê tông sẽ tốt hơn***

Trong cốp pha thông thường ta phải ghép bằng nhiều tấm ván nhỏ, có nghĩa là có nhiều mối nối và vì vậy có nhiều khe hở. Vì thế mà dễ bị mất nước xi măng trong quá trình đổ bê tông. Mặt khác, nếu phải ghép bằng nhiều tấm ván thì rất khó tạo được độ phẳng cho bề mặt cấu kiện hoặc cả bề mặt công trình.

***b. Cốp pha tấm lớn sử dụng bền hơn***

Cốp pha tấm lớn có bề mặt là những tấm liền và được chế tạo thành hệ vững chắc ổn định. Khi tháo lắp và vận chuyển được thực hiện bởi những loại máy móc tương ứng, vì thế nó hạn chế được những tác động cục bộ vào từng vị trí của cốp pha do không phải dùng búa, xà beng, đòn bẩy... trong tháo lắp như đối với cốp pha thường nên nó không bị biến dạng bề mặt, sứt mẻ hoặc cong vênh mép. Chính vì thế mà cốp pha tấm lớn sử dụng được nhiều lần hơn.

***c. Nâng cao được mức độ cơ giới hoá trong thi công:***

Cốp pha tấm lớn có kích thước rộng và trọng lượng lớn. Nó có thể nặng từ vài tạ đến vài tấn và thường phải thi công ở trên cao nên lao động thủ công không làm được. Vì vậy nó đòi hỏi phải có máy móc thiết bị hỗ trợ như cần trục, máy nâng, kích... Để nâng cao mức độ cơ giới hóa công nghệ cốp pha tấm lớn chúng ta phải đầu tư để nghiên cứu khâu chế tạo cốp pha cũng như đầu tư trang thiết bị.

***d. Rút ngắn thời gian tháo lắp do đó đẩy nhanh tốc độ thi công công trình***

Vì cốp pha tấm lớn có kích thước thường bằng bề mặt cấu kiện, và được chế tạo rất chính xác, cho nên việc tháo lắp được thực hiện dễ dàng nhanh chóng bằng phương tiện cơ giới từ đó đẩy nhanh được tiến độ thi công.

Cốp pha tấm lớn sẽ đạt hiệu quả kinh tế rất cao nếu khối lượng thi công nhiều.

**3. Những tồn tại và hạn chế trong việc sử dụng cốp pha tấm lớn.**

- Cốp pha tấm lớn đòi hỏi trình độ thiết kế chế tạo cao. Thường cốp pha tấm lớn được chế tạo theo hai cách:

+ Chế tạo liền mảng: Cách này đòi hỏi phải có các xưởng cốp pha chuyên dụng, có cán bộ trình độ chuyên môn cao và đòi hỏi những loại vật liệu tương thích.

+ Chế tạo tổ hợp: Người ta sử dụng các panen ván khuôn định hình chuẩn để tổ hợp thành cốp pha tấm lớn - Việc thiết kế chế tạo theo cách này ngoài những yêu cầu về độ phẳng độ chính xác cao, cốp pha lại phải tạo thành hệ ổn định vững chắc do đó trình độ chuyên môn lại càng phải cao.

- Phải có thiết bị phù hợp: Như đã phân tích ở trên không thể thi công cốp pha tấm lớn bằng phương pháp thủ công, nó đòi hỏi phải có thiết bị đồng bộ thì biện pháp thi công mới có hiệu quả.

Thường những máy móc phục vụ cho thi công cốp pha tấm lớn là cần cẩu tháp, cần cẩu tháp tự leo, vận thăng, máy nâng, tời kích, máy nén khí, máy bơm bê tông...

- Nếu công trình kiến trúc có hình dáng phức tạp thì chế tạo cốp pha tấm lớn sẽ rất khó khăn tốn kém, làm tăng giá thành sản phẩm. Vì thế, trong thiết kế nhà nhiều tầng người ta đòi hỏi phải tiêu chuẩn hoá và mô-đun hoá rất cao, tránh những kết cấu cầu kỳ để có thể áp dụng phương pháp thi công bằng cốp pha tấm lớn.

- Nếu khối lượng thi công ít hoặc dùng cho các kết cấu và công trình đơn lẻ thì hiệu quả kinh tế thấp.

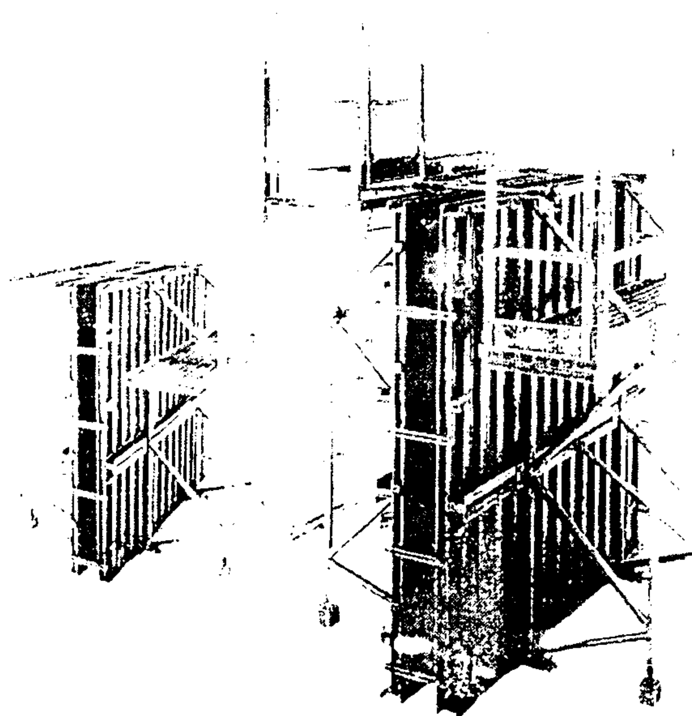
**4. Các loại cốp pha tấm lớn:**

***a. Cốp pha tấm lớn đúc tường hoặc đúc các cấu kiện đứng***

Đặc điểm của loại cốp pha này là bám vào công trình trong lúc đang thi công. Nó có thể phải bám vào một kết cấu (trụ chẳng hạn) khi đó nó

được gọi cốp pha treo; nếu nó được dịch chuyển tịnh tiến theo phương ngang thì người ta gọi là cốp pha đúc hẫng.

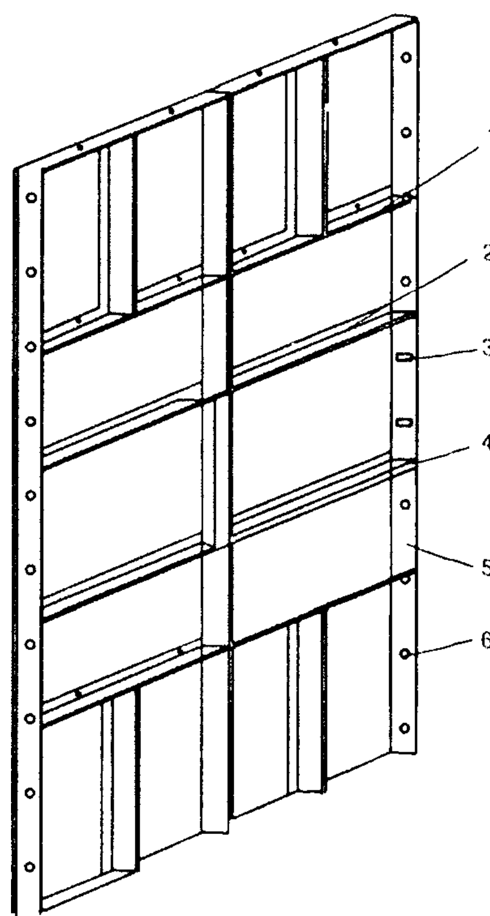
Mỗi tấm cốp pha tường với kích thước bằng cả bức tường của gian phòng, gồm: một khung sắt cứng với các thanh sườn ngang sườn dọc, mặt lát bằng tôn hay gỗ dán chịu nước, có sàn cho người đứng thi công có kích vít hoặc thanh chống với tăng đơ để điều chỉnh độ thẳng đứng. Hai tấm cốp pha của 2 mặt tường được giằng cố định vào nhau tạo thành một khung cứng không gian ổn định cho việc thi công đúc tường (hình 3-2 và hình 3-7).



*Hình 3-2. Cốp pha tấm lớn đúc tường*

Dùng cốp pha tấm lớn bề mặt là cả bức tường thì đảm bảo chất lượng mặt tường rất nhẵn và bằng phẳng. Ở chỗ nối liên kết giữa các tấm cốp pha này nếu có sai sót tạo nên những đường gờ thì cũng dễ sửa chữa khi làm công tác hoàn thiện, có thể dấu kín các vết nối này bằng những đường nét kiến trúc nổi.

Ở Rumania để thi công bê tông nhà nhiều tầng người ta chỉ cần chế tạo 3 loại cốp pha tường khác nhau với các chiều dài 450, 550, 650cm và cao 270cm nặng từ 3,3-3,8tấn. Đúc một nhà 40 đến 50 căn hộ họ chỉ dùng mỗi loại 10 cặp ván khuôn tường là đủ.



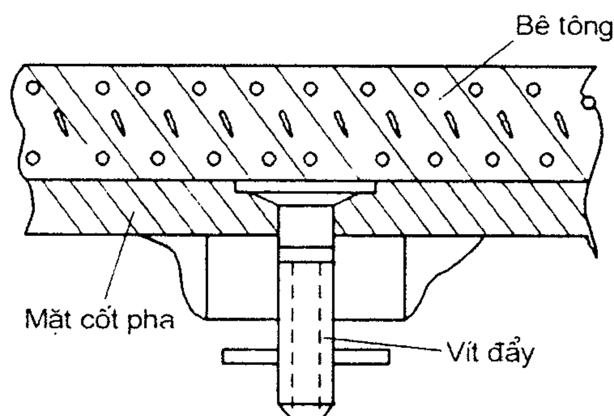

*Hình 3-3. Cốp pha thép liền mảng.*

1. Khung ngang cốp pha dùng để đỡ ván ép, chống lại sự biến dạng; 2. Rivê: Công dụng của loại đinh Rivê này là dùng để cố định tấm ván ép và khi cần có thể lấy ra thay ván ép được dễ dàng; 3. Lỗ giằng đa dụng: Các lỗ giằng này có ở thanh dọc và thanh ngang của khung panen, với chiều dài là 300mm rất tiện lợi cho việc lắp ráp; 4. Lỗ chốt nêm: Có ở các rãnh của thanh với chiều dài là 150mm để nối các tấm panen với nhau, hoặc gắn các thanh giằng hay khớp nối; 5. Khung panen: Được làm bằng loại thép có hàm lượng các bon cao, trọng lượng nhẹ và có đặc tính cơ học tốt để bảo đảm tối đa sự chuyển động quán tính và đạt độ cứng; 6. Lỗ cắm đinh.

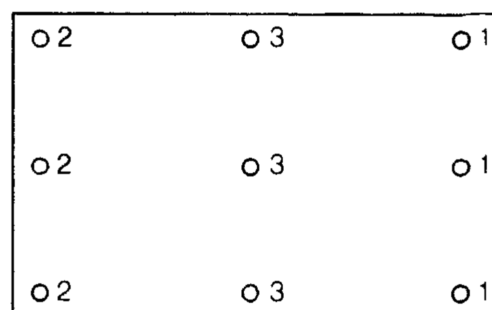
Độ luân lưu của loại ván khuôn tấm lớn kim loại này theo kinh nghiệm thực tế của Rumania là từ 700 đến 1000 lần.

***b. Cốp pha tấm lớn đúc sàn:***

Những tấm cốp pha sàn này tựa lên các mấu đỡ thông qua những lỗ tạo sẵn trong tường đúc trước hoặc tựa lên các cột chống cốp pha có dạng giống cái bàn. Vì vậy có nước còn gọi cốp pha tấm lớn đúc sàn là "cốp pha bàn"; ở Trung Quốc người ta gọi loại cốp pha này là "cốp pha bay"

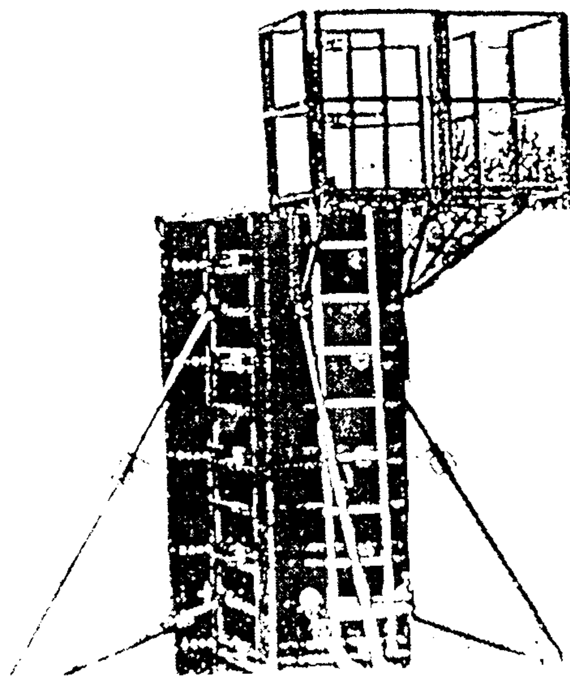



***Hình 3-4.*** *Mặt bằng bố trí vít*



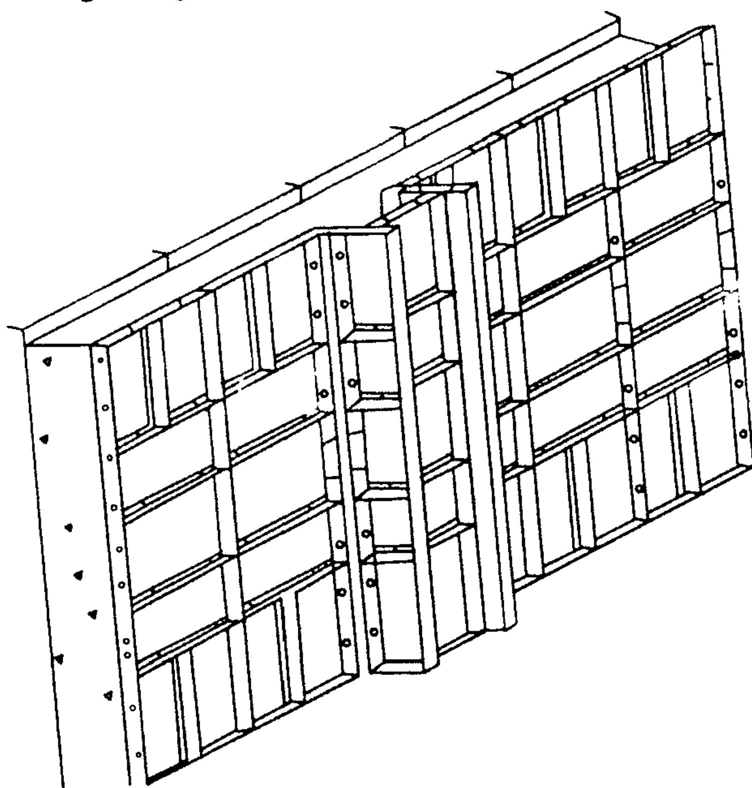

***Hình 3-5.*** *Cấu tạo vít đẩy*

Khi đúc sàn bằng 2 loại cốp pha trên thì lúc tháo dỡ phải di chuyển chúng theo hướng ngang về phía chưa có tường ngoài. Các bức tường ngoài này sẽ được xây sau bằng gạch hay lắp ghép bằng các tấm đúc sẵn.



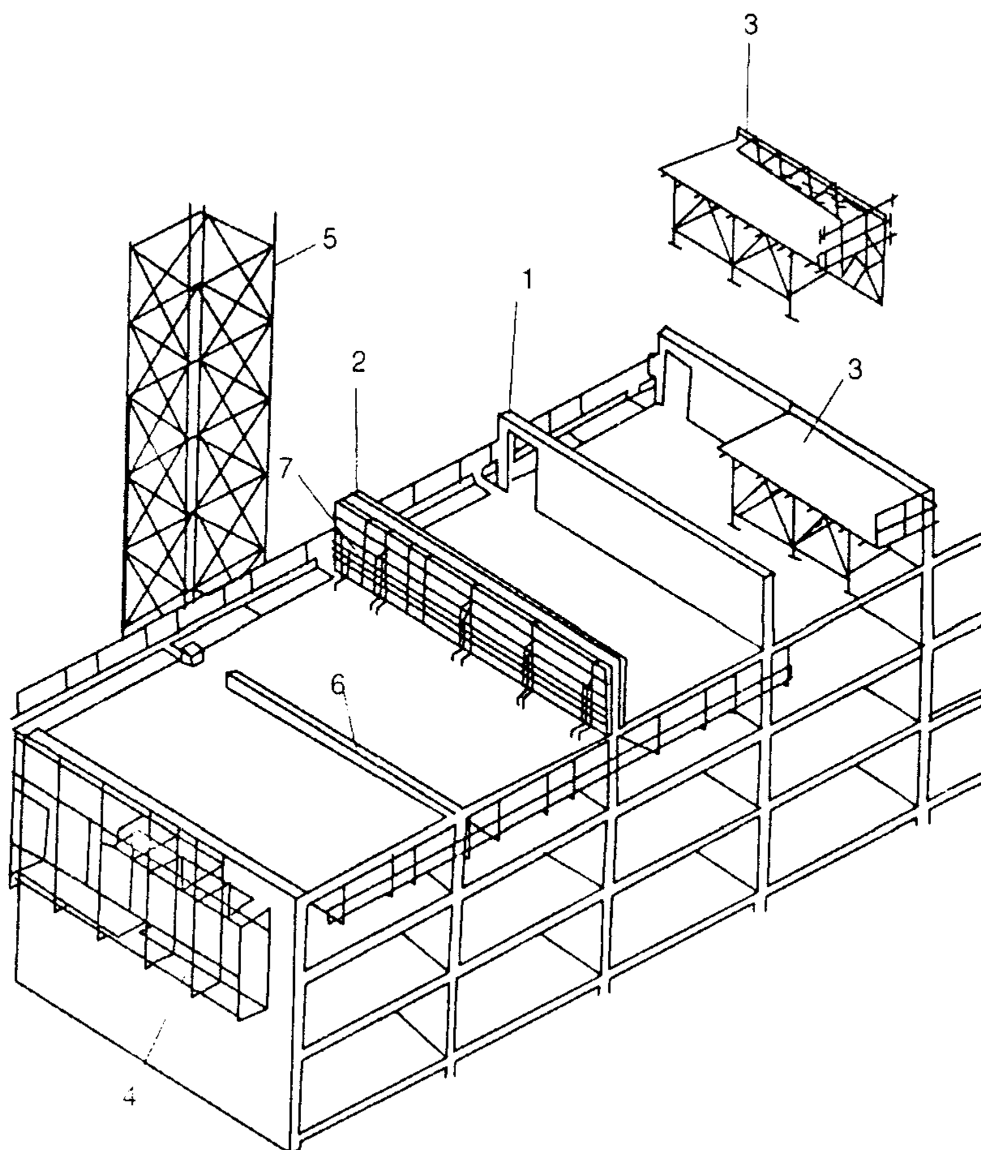
*Hình 3-6. Cốp pha cột*

Ở nhiều nơi người ta thay thế cốp pha sàn tấm lớn bằng các tấm bê tông đúc sẵn, đây là loại sàn nửa lắp ghép nửa đúc toàn khối. Phần sàn lắp ghép bên dưới là các tấm bê tông đúc sẵn dày từ 6-8cm dùng để làm cốp pha cho lớp bê tông đổ toàn khối bên trên. Như vậy sẽ giảm được cốp pha mà công trình vẫn đảm bảo được tính toàn khối. Các tấm "cốp pha sàn bằng bê tông cốt thép" này sẽ nằm lại công trình không phải lấy ra. Loại sàn này có độ cứng không gian lớn thích hợp cho những vùng động đất hoặc những vùng đất yếu.



*Hình 3-7 .Cốp pha tường thẳng và cột trụ*

Sử dụng ván khuôn tấm lớn, người ta có thể bố trí các đường ống điện nước trong tường hay trong sàn nhà bằng cách gắn sẵn các đoạn ống vào các bộ khung cốt thép của tường hay sàn nhà rồi đặt cùng với chúng vào vị trí thiết kế. Các ô cửa cũng được đặt trước trong cốp pha tường. Những biện pháp trên sẽ giảm được công lao động và rút ngắn thời gian thi công (hình 3-8).




*Hình 3-8. Nhà đúc bằng cốp pha tấm lớn*

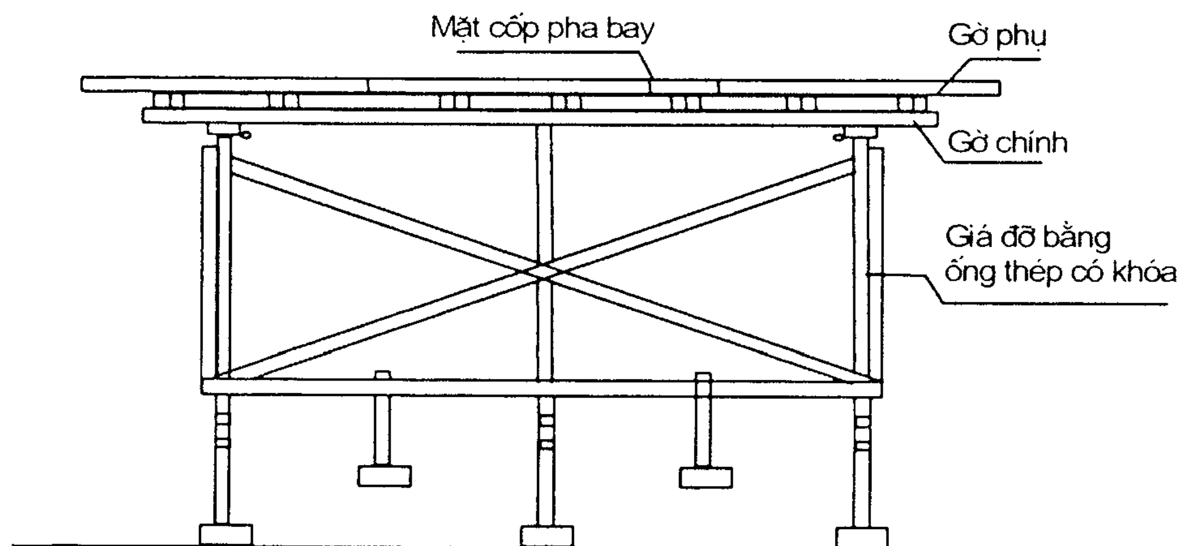
1. Tường đúc; 2. Cốp pha tường; 3. Cốp pha sàn; 4. Giàn giáo; 5. Cần trục tháp; 6. Đầu nhô của tường trên mặt sàn; 7. Ô cửa đặt trong cốp pha tường.

*c. Cốp pha bay:*

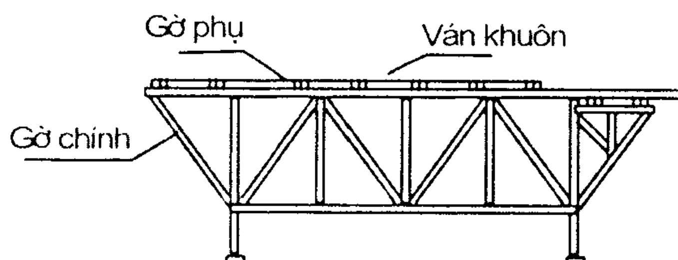
Đây cũng là một loại ván khuôn sàn nhưng được chế tạo gia công và tổ chức sản xuất ở trình độ cao. Nó được sử dụng rộng rãi trong thi công nhà nhiều tầng.

- Cấu tạo cốp pha bay:

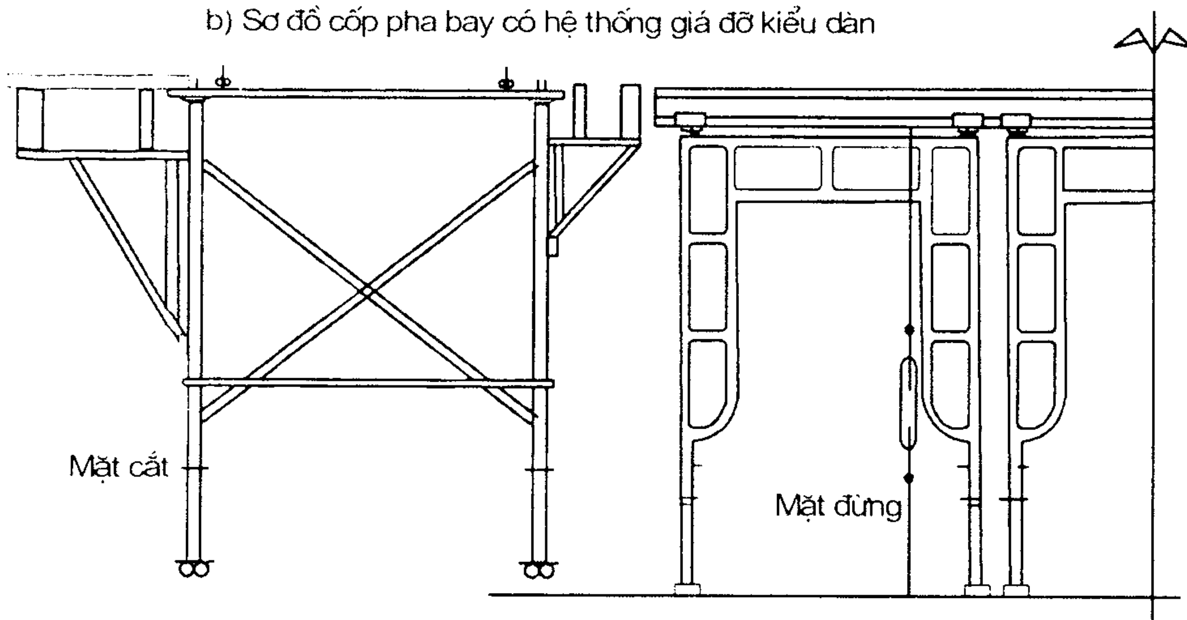
Cốp pha bay là hệ ván khuôn sàn tạo nên bởi: ván sàn, hệ thống giá đỡ, hệ thống điều chỉnh và dịch chuyển ngang. Ván sàn có thể là kim loại hoặc gỗ dán.




a) Sơ đồ cốp pha bay có hệ thống giá đỡ bằng ống thép có khóa




b) Sơ đồ cốp pha bay có hệ thống giá đỡ kiểu dàn



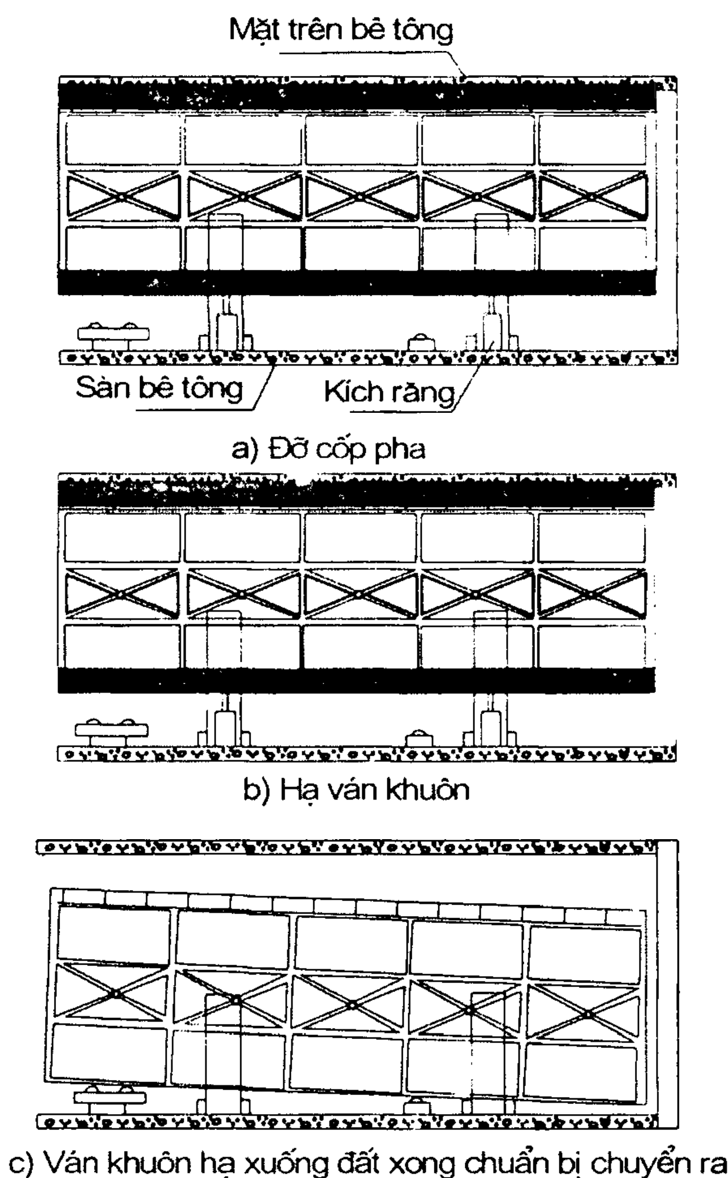

c) Sơ đồ cốp pha bay có hệ thống giá đỡ kiểu nhiều công năng

*Hình 3-9. Sơ đồ cấu tạo cốp pha*

Hệ giá đỡ là khung không gian gồm các thanh xà gồ và cột. Ván sàn được liên kết chặt với xà gồ còn cột có thiết bị nâng hạ và bánh xe di chuyển. Hệ giá đỡ có thể dùng các loại giáo ống đa năng (hình 3-9).

Hệ thống điều chỉnh bao gồm kích ở chân giá đỡ và bu lông để điều chỉnh nâng hạ ván khuôn sàn khi dựng và tháo ván khuôn.

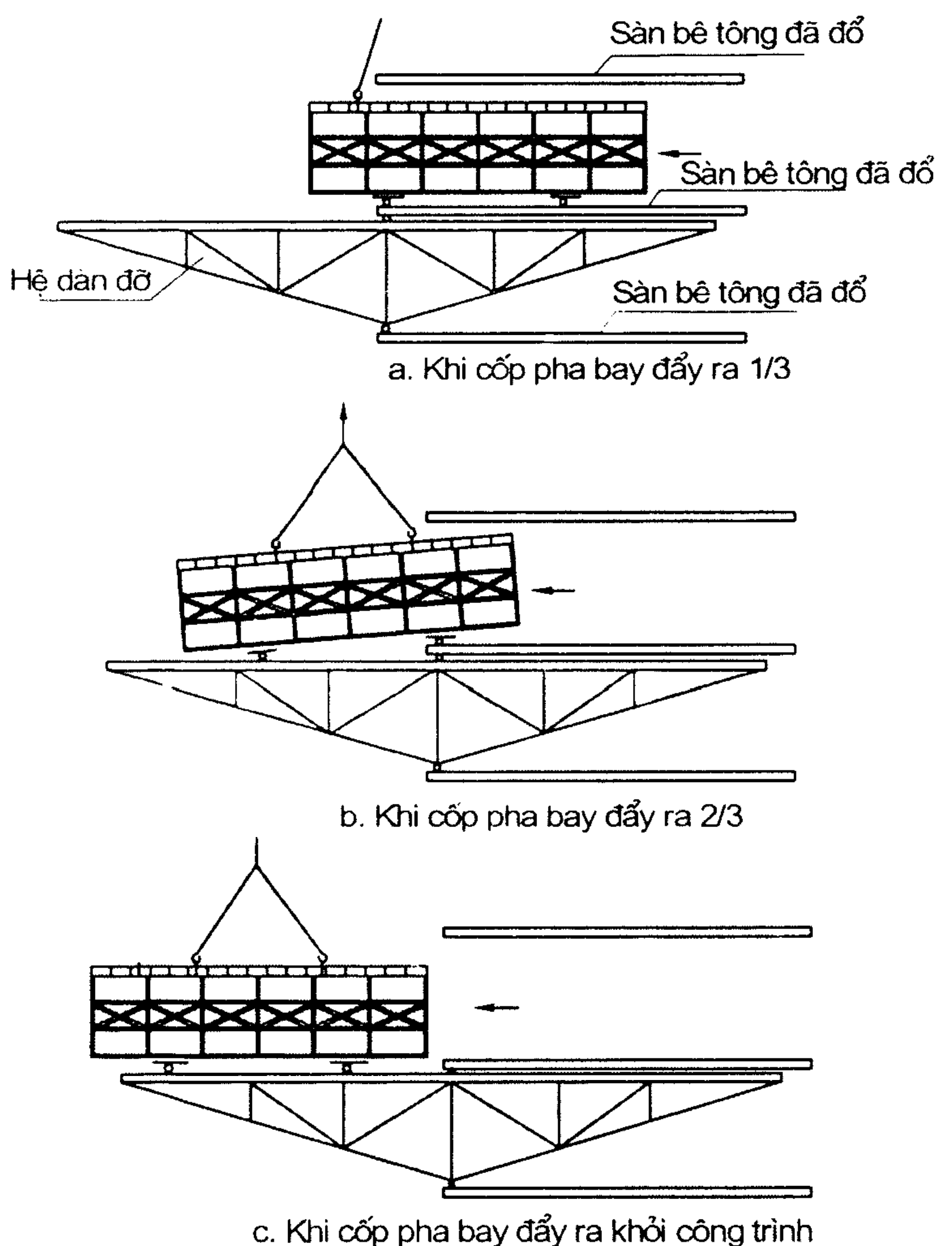
Hệ thống chuyển dịch ngang có thể là các thiết bị trượt hoặc lăn hay các xe nhỏ đặt dưới chân hệ thống giá đỡ để cốp pha bay có thể dịch chuyển ổn định ra ngoài gian nhà đã đổ bê tông. Từ đây cần cẩu có thể đưa cốp pha lên tầng trên để tiếp tục sử dụng. Vì thế cốp pha bay chỉ được sử dụng khi tường trong và cột đã đổ bê tông xong còn tường ngoài chưa có (hình 3-10).




*__Hình 3-10.__ Sơ đồ hệ thống điều chỉnh và di chuyển ngang*

Cốp pha bay thông thường có kích thước bằng kích thước một ô phòng tức là khoảng 20-30$m^2$.

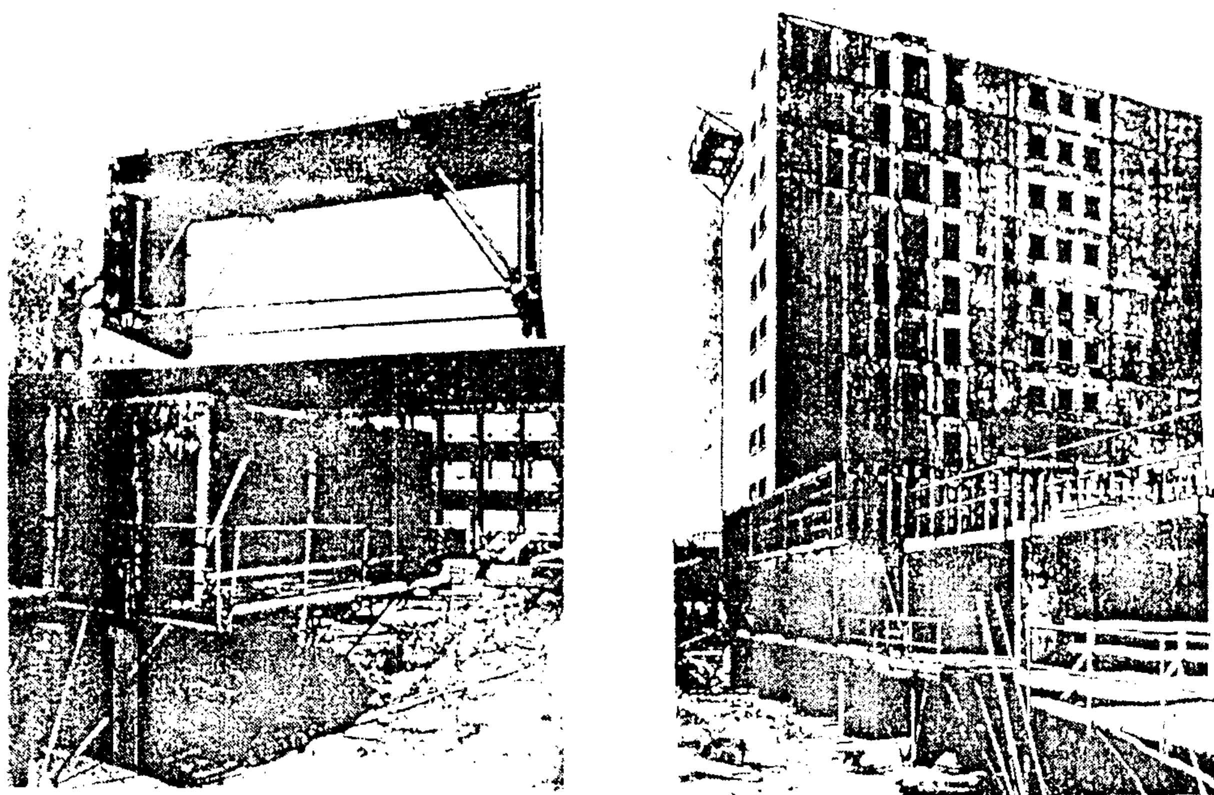
Cẩu chuyển cốp pha bay có thể chỉ sử dụng dây cáp của cần trục để đưa cốp pha ra ngoài ô phòng, sau đó nâng lên. Song, cũng có thể dùng phương pháp đẩy cốp pha ra khỏi ô phòng nhờ một hệ dàn đỡ, sau đó cần trục sẽ cẩu lên và chuyển đến vị trí thi công mới (hình 3-11).




***Hình 3-11.*** *Sơ đồ phương pháp sàn*

## II. CÔNG NGHỆ CỐP PHA TUY NEN HAY CỐP PHA HỘP

Đây là một loại cốp pha tấm lớn luân lưu có dạng chữ U lộn ngược (hình 3-12 và 3-13a,b), dùng để đúc tường ngang và sàn nhà đồng thời. Chiều cao của cốp pha bằng chiều cao của tầng nhà. Thành phần của cốp pha này thường có 3 tấm cơ bản. Mỗi ô gian gồm 3, 4 đoạn cốp pha tuy nen, mỗi đoạn dài 1,5 đến 3m ghép sát nhau và có thể di chuyển ngang dễ dàng ra phía ngoài để tháo dỡ. Tường bao che bên ngoài của nhà khi sử dụng loại cốp pha này là tường xây gạch hoặc bằng các tấm bê tông đúc sẵn lắp ghép.

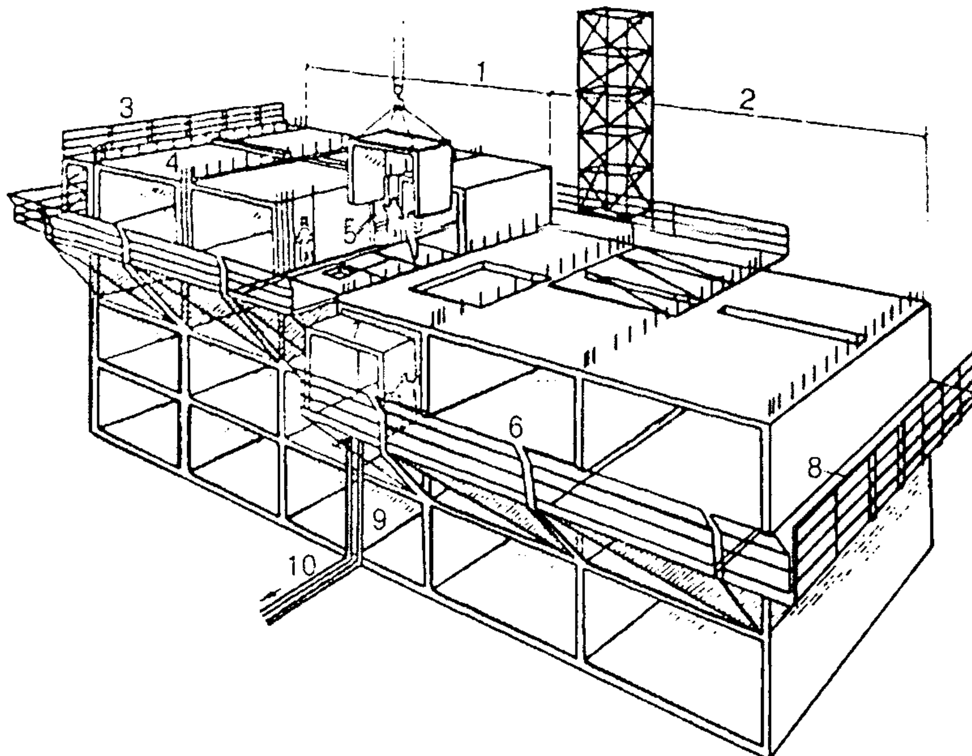


*Hình 3-12. Cốp pha tuy nen*

Đường nối giữa các đoạn cốp pha tuy nen không phải chỉ ở các chỗ giao nhau giữa tường và trần như trong cốp pha tấm lớn mà cả ở trên mặt phẳng của tường và trần, vì vậy khi lắp ghép cốp pha tuy nen phải thật chính xác và phải chèn kẽ hở kỹ càng.

Vì mỗi đoạn cốp pha tuy nen không dài cho nên trọng lượng không lớn. Vì vậy, người ta có thể dùng cần trục nhỏ có sức nâng từ 2,5 đến 3 tấn để thi công.

Nhiều nơi, người ta đã cải tiến việc thi công bê tông bằng cốp pha tuy nen như sau: Khi tháo dỡ cốp pha, người ta không rút từng đoạn cốp pha tuy nen ra ngoài để khỏi phải làm cầu công tác đón dỡ phía ngoài công trình vừa phức tạp vừa nặng nề tốn kém mà nâng cốp pha ngay ở phía trong nhà bằng cách khi đúc bê tông người ta chừa lại một phần sàn (khoảng 1/3 đến 1/4 diện tích sàn) không đổ bê tông. Đây là lỗ dùng làm nơi tháo rút và nâng các đoạn cốp pha ngoài. Đây cũng sẽ là nơi đưa các khối vệ sinh chế tạo sẵn, các tấm vách ngăn và các thùng chứa vật liệu hoàn thiện trang trí vào trong các phòng. Các lỗ hở này sẽ được dậy kín bằng các tấm panen đúc sẵn.

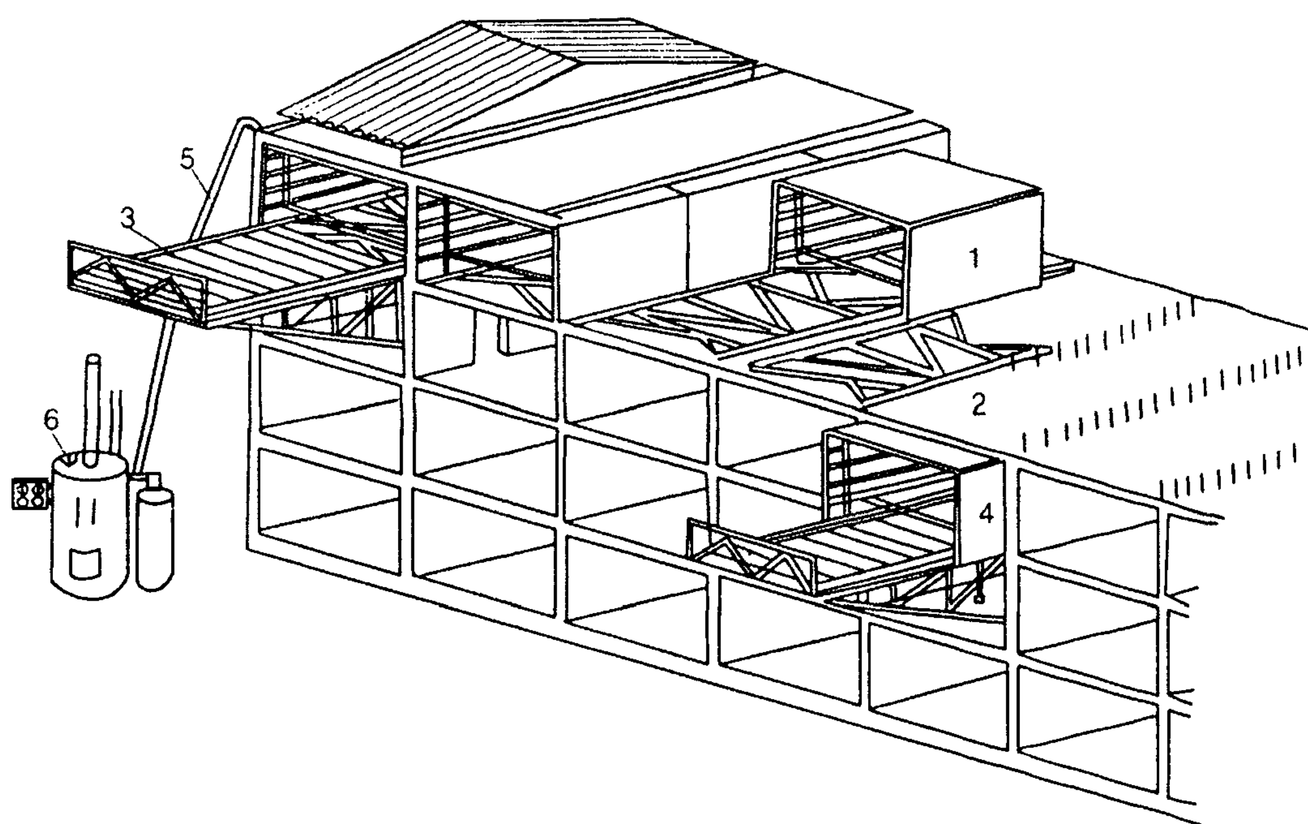



*Hình 3-13a. Thi công cốp pha tuy nen không dùng sàn dỡ.*

1. Phân đoạn lắp cốp pha; 2. Phân đoạn đặt ray di chuyển cốp pha;
3. Ván khuôn tường hồi; 4. Cốp pha tuy nen; 5. Khuôn cửa đặt sẵn;
6. Sàn công tác dỡ cốp pha; 7, 8. Lan can an toàn; 9,10. Ống dẫn hơi để hấp bê tông.

Thi công theo cách này, người ta có thể đồng thời đúc cả tường dọc và tường ngang cùng với sàn. Độ cứng của nhà do vậy cũng được tăng cường nên nó rất thích dụng cho những vùng có động đất.

Tùy theo yêu cầu mà tường ngoài có thể được làm bằng các loại bê tông xốp, nhẹ, cách nhiệt hoặc được trang trí. Mặt ngoài tường bê tông này thường đã rất nhẵn và đẹp nên không cần phải trát vữa để hoàn thiện nữa. Để rút ngắn thời gian đông kết và dưỡng hộ bê tông nhằm nhanh chóng luân chuyển ván khuôn tuy nen trong cốp pha tường và trần, người ta có đặt những thiết bị gia công bê tông bằng nhiệt. Bằng giải pháp này, đã giảm thời gian sử dụng cốp pha tuy nen trong mỗi lần đổ bê tông xuống chỉ còn 24 giờ.




***Hình 3-13b.*** *Thi công cốp pha tuy nen dùng sàn đỡ.*

1. Cốp pha tuy nen; 2. Ray di chuyển cốp pha; 3. Sàn đỡ;
4. Cốp pha tuy nen di chuyển trên sàn đỡ; 5,6. Hệ thống hấp bê tông.

## III. THI CÔNG CÁC CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG ĐỔ TẠI CHỖ BẰNG CỐP PHA DI ĐỘNG VÀ CỐP PHA TRƯỢT

Về nguyên tắc cấu tạo, cốp pha di động được ghép mảng từ cốp pha tấm lớn hoặc từ những tấm nhỏ, có thể phẳng hoặc cong. Loại cốp pha

này thường chỉ dịch chuyển theo một hướng nhất định và được phân thành 2 nhóm: Cốp pha di động ngang và cốp pha di động lên cao.

**1. Cốp pha di động ngang**

Cốp pha di động ngang dùng để đổ bê tông toàn khối những công trình dài có tiết diện không đổi như tuy nen, đường hầm, đường cống chính, mái chợ, mái nhà kho, ga ra ô tô... Đặc điểm của loại cốp pha này là phải đặt trên các hệ thống dịch chuyển như đường ray, bánh xe.

Cấu tạo của hệ cốp pha này bao gồm các tấm phẳng hoặc cong liên kết vào khung không gian di chuyển dọc theo tuyến hay chu vi của công trình.

Thiết bị của Liên Xô thuộc loại này bao gồm những tấm cốp pha cao từ 1,2 đến 1,5m, dài từ 6 đến 9m. Nó có thể đổ những bức tường cao 6m, dày từ 12 đến 60cm, có bán kính cong 9m. Ở Liên Xô những thiết bị kể trên dùng để thi công các công trình tuy nen (theo phương pháp hở); vỏ áo các đường hầm (theo phương pháp kín), tường chắn, kênh dẫn, đường ống, cống, các loại mái cuốn đơn giản và mái nhà công nghiệp.

**2. Cốp pha di động lên cao**

Cốp pha di động lên cao, bao gồm: cốp pha leo và cốp pha trượt.

***a. Cốp pha leo :***

Cốp pha leo được nâng chuyển theo chu kỳ và thường được cấu tạo từ cốp pha tấm lớn. Toàn bộ cốp pha hay một đoạn cốp pha có thể được nâng lên cao theo từng chu kỳ.

Cốp pha leo cũng có loại hình thức rất giống cốp pha trượt nhưng sử dụng kích nâng. Ngoài ra, nó còn các hình thức khác rất phong phú đa dạng, như:

- Nâng bằng cáp tời tự kéo lên;
- Nâng bằng cáp thông qua các con đội hay trụ chống;
- Nâng theo hình thức co rút để tự dịch chuyển lên;
- Tự quay lật lên có sự hỗ trợ của cần trục.

Việc cố định ván khuôn thường dùng các bulông chốt xuyên qua tường, bulông vít ép hoặc hàn bu lông vào các thép chờ. Khi dịch chuyển

loại cốp pha này, nói chung là phải tách hoặc tháo rời từng bộ phận. Loại cốp pha này rất ưu việt khi được sử dụng để thi công công trình trụ cầu, xilô, công trình có thể tích lớn như tường chắn, đập nước... Đặc điểm của loại cốp pha này là dựa bám chính vào công trình mà đi lên hoặc sử dụng cần trục nâng. Trường hợp nâng chuyển phải sử dụng các kết cấu trụ khác độc lập với kết cấu thi công thì được gọi là cốp pha treo.

Cốp pha treo sử dụng để thi công các công trình có chiều cao lớn, tiết diện có thể thay đổi hoặc không thay đổi như ống khói, tháp làm lạnh... Toàn bộ cốp pha treo thường được treo trên tháp nâng trụ đơn hoặc kép nằm ở trong công trình.

***b. Cốp pha trượt***

Cốp pha trượt là một loại cốp pha di chuyển lên cao theo phương thẳng đứng liên tục và đồng đều trong suốt quá trình đổ bê tông đến hết chiều cao công trình.

Đây là một phương pháp thi công tiên tiến sử dụng các thiết bị hiện đại và tổ chức thi công chặt chẽ. Nó rất ưu việt khi sử dụng thi công các công trình cao từ 40m trở lên và có chiều dày kết cấu thường là trên 12cm.

Cấu tạo, công nghệ thi công và đối tượng áp dụng của loại cốp pha trượt sẽ được trình bày chi tiết trong phần chuyên đề của các biện pháp thi công xây dựng.

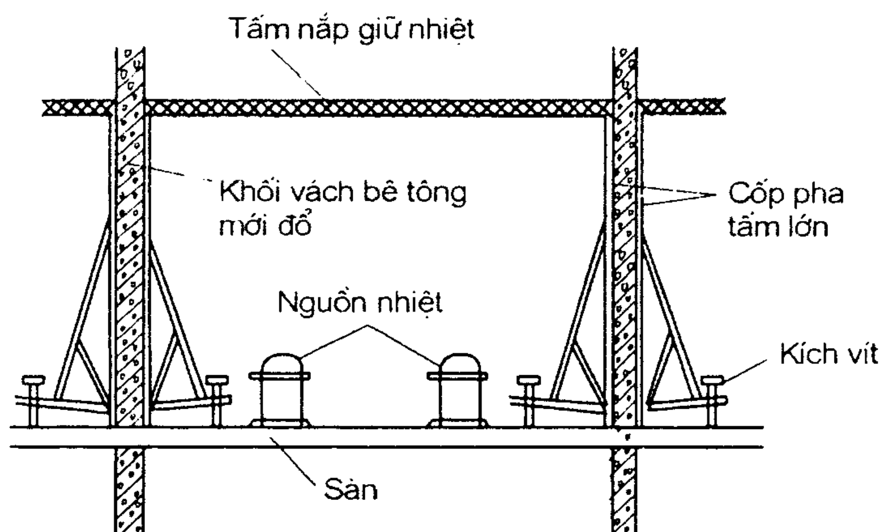
## IV. BẢO DƯỠNG ẤM CHO CỐP PHA TẤM LỚN

Nói chung việc bảo dưỡng ấm cho cốp pha tấm lớn có 2 phương pháp:

- Phương pháp lán ấm;
- Phương pháp làm nóng ván khuôn;

**1. Phương pháp lán ấm**

Sau khi đổ bê tông tường vách và bịt kín các lỗ cửa, người ta đậy lên trên mỗi phòng những tấm nắp di động có lớp cách nhiệt tạo thành một không gian bảo dưỡng kín. Trong các gian đặt những thiết bị làm nóng bằng điện để nâng cao nhiệt độ không khí trong phòng, từ đó nâng cao được nhiệt độ bảo dưỡng thời kỳ đầu của bê tông trong cốp pha tấm lớn (hình 3-14).




*Hình 3-14. Sơ đồ bảo dưỡng khối vách*

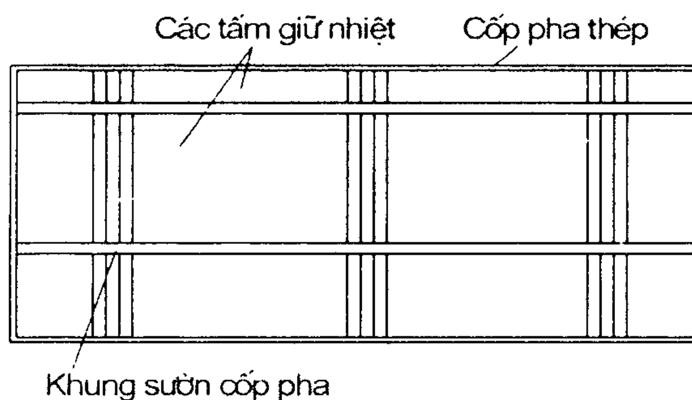
Sau khi đổ bê tông đạt được cường độ tháo ván khuôn thì chuyển dịch tấm nắp để tháo cốp pha tường. Sau đó, lắp đặt hoặc đổ bê tông tại chỗ tấm sàn. Nếu là tấm sàn đổ tại chỗ, thì sau khi đổ bê tông xong phải tiếp tục tăng nhiệt bảo dưỡng tấm sàn để nó có thể đạt được cường độ theo yêu cầu của thi công.

**2. Phương pháp làm nóng ván khuôn**

Theo phương pháp này, người ta dùng nguồn nhiệt trực tiếp làm nóng ván khuôn tấm lớn, và thông qua ván khuôn để truyền nhiệt lượng cho bê tông, do đó nâng cao nhiệt độ bảo dưỡng bê tông.

Các phương pháp làm nóng ván khuôn:

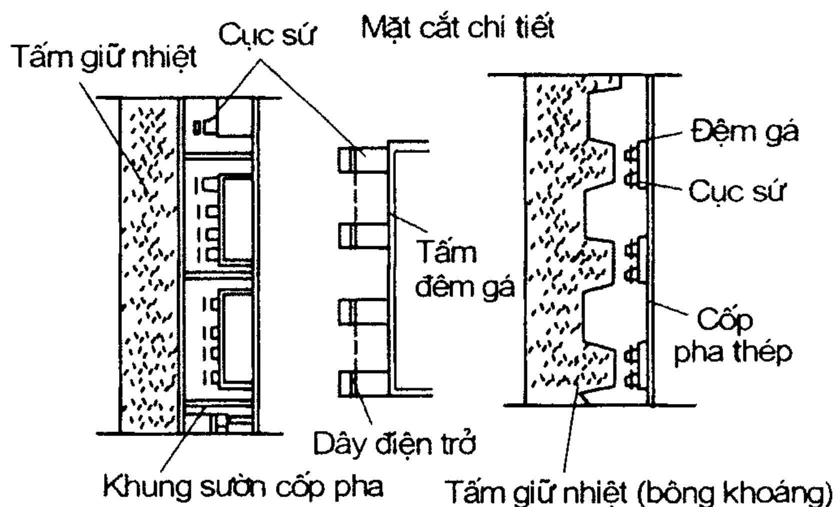
***a. Làm nóng ván khuôn bằng điện***




*Hình 3-15. Cấu tạo giữ nhiệt dùng điện làm sẵn của cốp pha tấm lớn*

Mặt sau các tấm cốp pha thép có gắn các ống sứ và đặt dây điện trở, mặt ngoài bịt kín bằng vật liệu giữ nhiệt. Dòng điện qua dây điện trở tạo

nhiệt và được giữ lại nhờ lớp cách nhiệt và truyền nhiệt lượng này vào bê tông làm tăng nhiệt độ bảo dưỡng bê tông (hình 3-15; 3-16).




*Hình 3-16. Cấu tạo tấm giữ nhiệt dùng điện của cốp pha tấm lớn*

***b. Làm nóng ván khuôn bằng hơi nước***

Phương pháp này chỉ nên sử dụng khi công trường có nguồn nhiệt hơi nước áp lực cao. Người ta lắp đặt một dãy ống thép có chứa hơi nóng phía sau tấm ván khuôn và cũng dùng các tấm giữ nhiệt để đậy kín phía sau tấm ván khuôn không cho thoát nhiệt. Khi dãy ống thép được làm nóng nhờ hơi nước có nhiệt độ cao sẽ toả nhiệt làm nóng ván khuôn và làm nóng bê tông mới đổ, nâng cao nhiệt độ bảo dưỡng bê tông (hình 3-17).

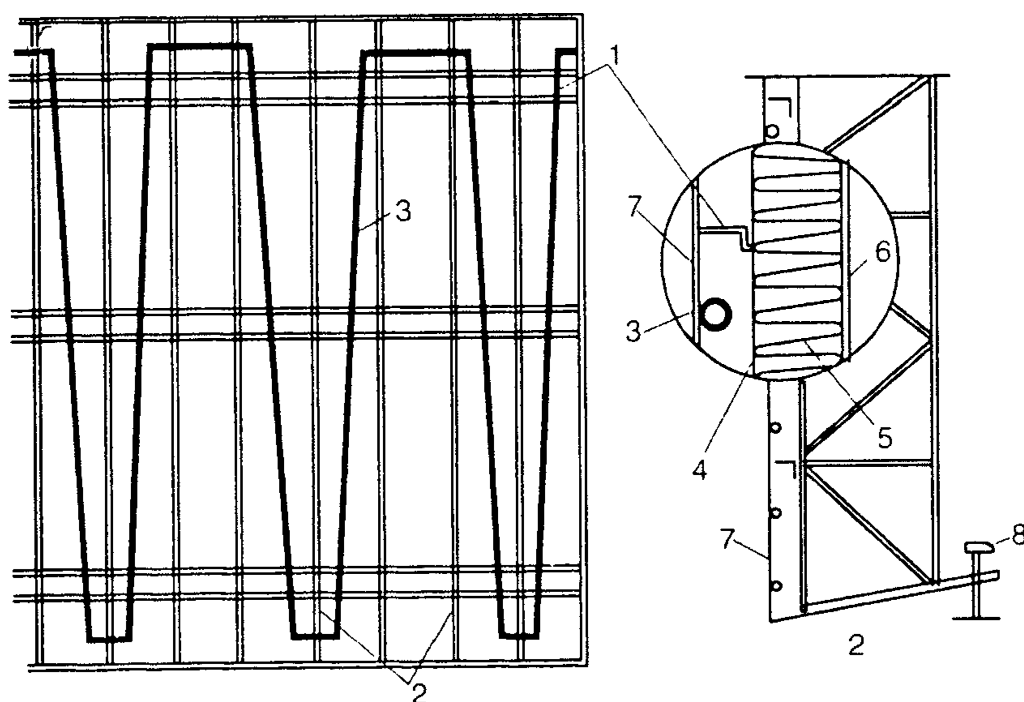
Để tăng nhanh nhiệt độ của bê tông, người ta có thể sử dụng hơi nước để làm nóng ván khuôn trước lúc đổ bê tông.

Thời gian bảo dưỡng theo phương pháp này thông thường là 12 đến 16h.

***c. Làm nóng ván khuôn bằng thảm điện nhiệt***

Sau khi đặt các tấm thảm điện nhiệt phía sau các tấm cốp pha thép thì cũng phủ lên phía sau tấm ván khuôn bằng các lớp giữ nhiệt như đối với các phương pháp trên.

Cách tiến hành như sau : trước lúc đổ bê tông vào ván khuôn phải cắm điện làm sao cho nóng ván khuôn trước. Tốc độ tăng nhiệt của thảm điện không được vượt quá 10°C/h. Phải cắt điện trước khi tháo ván khuôn từ 4-5/h để bê tông giảm nhiệt độ. Chênh lệch nhiệt độ giữa khối bê tông và môi trường chung quanh không được vượt quá 20°C.




*Hình 3-17. Cốp pha làm nóng bằng hơi nước.*

1. Sườn ngang; 2. Nẹp đứng; 3. Ống nước nóng; 4. Tôn 0,5mm; 5. Bông khoáng 8cm; 6. Tôn 1,00mm; 7. Mặt cốp pha tấm lớn; 8. Kích.

*d. Bảo dưỡng bê tông bằng tia hồng ngoại.*

Tia hồng ngoại là một loại sóng điện từ, bức xạ của tia hồng ngoại vào trong cốp pha tấm lớn và bê tông sau khi hấp thụ sẽ chuyển hoá thành nhiệt năng do đó nâng cao nhiệt độ bảo dưỡng bê tông.

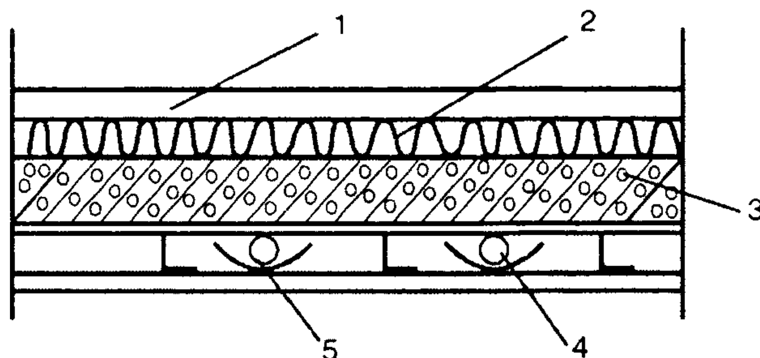
+ Bảo dưỡng bằng tia hồng ngoại có ống làm nóng bằng điện (công suất 0,8 - 2kW điện áp 220V): Ở phương pháp này thì mặt ngoài cốp pha cũng dùng vật liệu giữ nhiệt, song nguồn nhiệt chỉ có ở một bên, còn phía bên kia chỉ dùng vật liệu giữ nhiệt để giữ nhiệt cho cốp pha mà không có nguồn nhiệt (hình 3-18).

Nếu dùng tia hồng ngoại điện nhiệt để bảo dưỡng bê tông thì tốc độ giảm nhiệt rất chậm. Sau khi ngừng cấp điện 2-3 giờ nhiệt độ vẫn tiếp tục tăng. Để lợi dụng hiện tượng này và để tránh nứt nẻ bê tông do chênh lệch nhiệt độ quá lớn thì sau khi ngừng cấp điện 9 giờ mới tháo ván khuôn.

+ Bảo dưỡng bằng tia hồng ngoại dùng ga đốt.

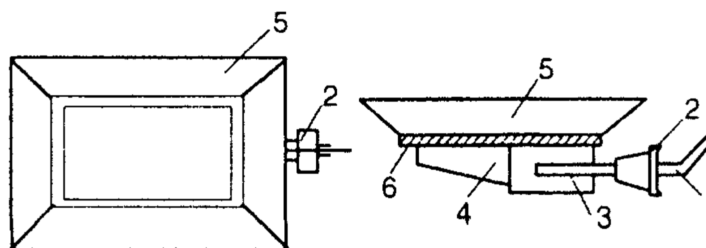
Ván khuôn tấm lớn của một bên vách làm thành lồng giữ nhiệt có lắp đặt một số thiết bị bức xạ tia hồng ngoại. Ga được dẫn đến, và đốt cháy trong thiết bị bức xạ này làm cho nó trở thành nguồn bức xạ tia

hồng ngoại. Mặt bên kia của ván khuôn không có nguồn bức xạ mà chỉ có vật liệu giữ nhiệt (hình 3-19; 2-20).



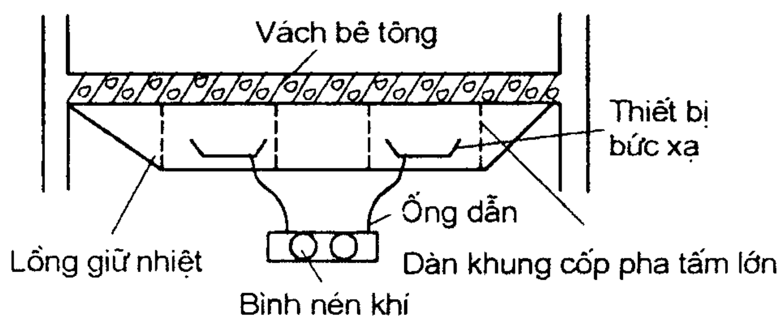

***Hình 3-18.*** *Cấu tạo cốp pha tấm lớn bảo dưỡng bằng tia hồng ngoại ống làm nóng bằng điện.*

1. Tấm benzene dày 4cm; 2. Tấm bông khoáng dầy 5cm; 3. Kết cấu bê tông; 4. Ống cấp nhiệt tia hồng ngoại; 5. Chụp phản xạ hợp kim nhôm




***Hình 3-19.*** *Cấu tạo thiết bị bức xạ ga.*

1. Vòi phun; 2. Tấm điều chỉnh gió; 3. Thiết bị dẫn xạ; 4. Tấm phân chia dòng; 5. Chụp phản xạ; 6. Lớp bông khoáng.




***Hình 3-20.*** *Sơ đồ bố trí thiết bị bảo dưỡng bằng ga.*

Bố trí thiết bị bức xạ phải làm sao để nhiệt độ của khối vách tương đối đều, không sinh ra ứng suất nhiệt lớn làm nứt bê tông. Cũng như trong bảo dưỡng bằng bức xạ điện sau khi ngừng đốt ga và trước lúc tháo dỡ cốp pha phải chú ý để bê tông có thời gian giảm nhiệt độ đầy đủ, tránh tháo ván khuôn quá sớm, làm cho bê tông bị lạnh đột ngột sinh ra rạn nứt.

## Chương II

# XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH THEO PHƯƠNG PHÁP LẮP GHÉP

Khái niệm hiện đại về lắp ghép là kết cấu được chế tạo thành những cấu kiện lớn tại nhà máy và được lắp dựng bằng các phương tiện cơ giới ở công trường. Đó cũng chính là sự khác biệt cơ bản và là ranh giới để phân biệt phương pháp xây dựng lắp ghép và phương pháp xây dựng đổ toàn khối.

Khi xây dựng các công trình bằng phương pháp lắp ghép thì hầu hết mọi công việc nặng nhọc đều được cơ giới hoá. Phương pháp này cho phép chúng ta có thể áp dụng các công nghệ hiện đại, tận dụng được tối đa khả năng của vật liệu và công suất của máy, hạn chế được rất nhiều những yếu tố bất lợi của thời tiết. Vì vậy, phương pháp này có những ưu điểm nổi bật như sau:

- Giảm sức lao động;
- Tiết kiệm thời gian xây dựng;
- Mức độ hoàn thiện cao;
- Hạ giá thành xây dựng.

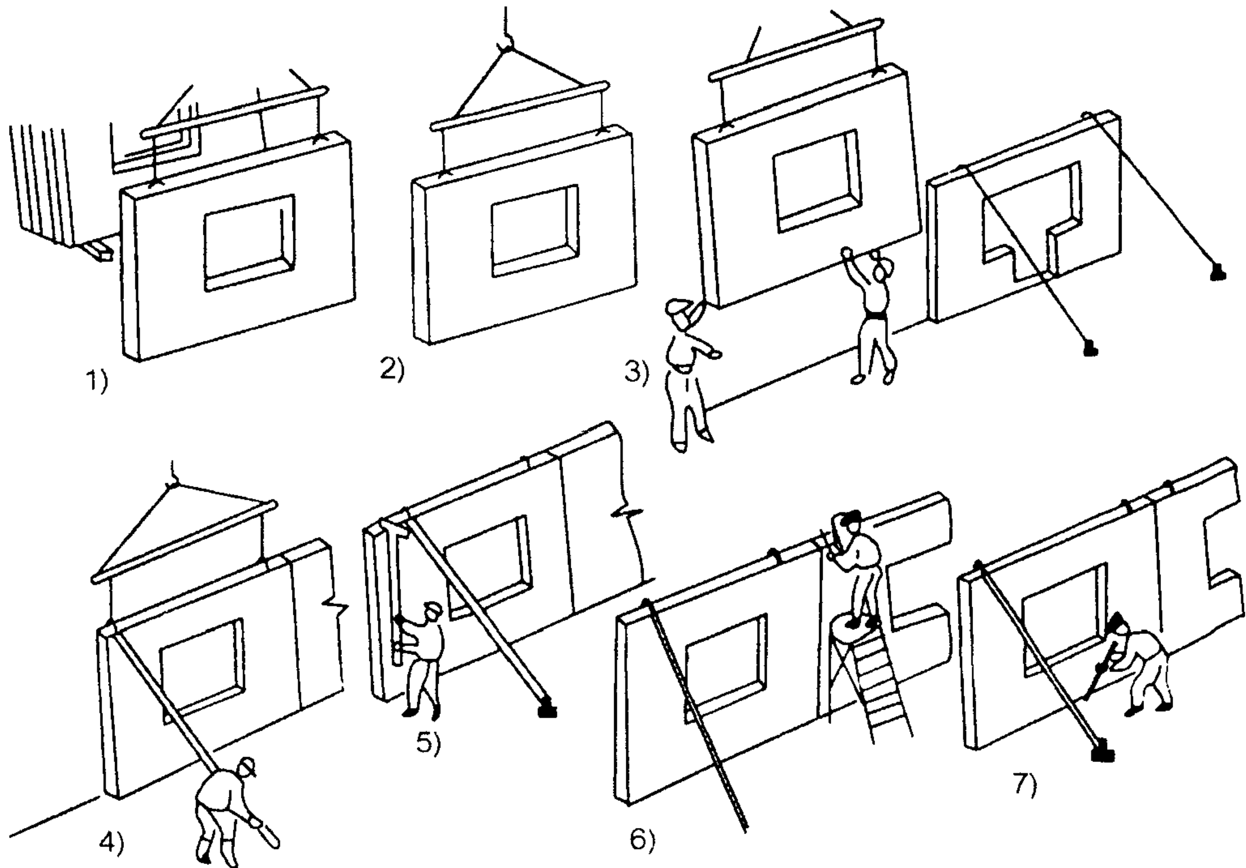
Tuy vậy, lắp ghép cũng có mặt tồn tại của nó:

- Chi phí cho việc đầu tư để sản xuất cấu kiện và thiết bị thi công rất lớn;

- Phải có cơ sở hạ tầng ở mức độ tối thiểu như đường xá, cầu cống, để vận chuyển cấu kiện, điện nước để sản xuất và thi công... Ngoài ra, còn một số khó khăn khác, như: khó thoả mãn các yêu cầu về thẩm mỹ của kiến trúc, công trình dễ đơn điệu và độ ổn định của công trình không cao.

I. PHƯƠNG PHÁP LẮP GHÉP TỰ DO

Các quá trình lắp ghép theo phương pháp này như sau: Các cấu kiện được treo tự do bằng dây cáp ở đầu hoặc mỏ của cần trục. Tiếp theo, nó được đưa đến đặt vào vị trí của nó trên công trình. Lúc này, cấu kiện không thể tự đứng vững được, nó không ổn định và luôn có nguy cơ bị đổ. Do đó, người ta phải giằng, chống nó tạm thời bằng các cây chống xiên hoặc bằng các dây neo cho đến lúc nó được hàn cố định vĩnh viễn vào các cấu kiện khác lắp xong trước (hình 3-21).




*Hình 3-21. Lắp ghép theo phương pháp tự do*

Các quá trình lắp dựng một tấm tường: 1. Treo buộc tấm tường; 2. Vận chuyển tấm tường tới chỗ lắp; 3. Đón nhận tấm tường; 4. Cố định tạm thời; 5. Kiểm tra vị trí; 6. Hàn liên kết; 7. Chèn vữa các mối nối.

Theo phương pháp này độ chính xác lắp đặt cấu kiện vào đúng vị trí của nó phụ thuộc vào thao tác chính xác của người lái cần trục, công việc đón đỡ, điều chỉnh cấu kiện của người công nhân lắp ghép. Tóm lại, độ chính xác và tốc độ lắp ghép phụ thuộc vào tay nghề của công nhân.

Việc giằng chống cấu kiện trước khi tháo dỡ nó ra khỏi cần trục tốn công lao động còn cần trục thì tốn thời gian đứng giữ tường. Thao tác này chiếm một tỷ lệ thời gian rất lớn trong lắp ghép tự do : 70% thời gian cần trục dùng vào việc lắp ghép một cấu kiện.

Trong thao tác thủ công thì việc điều chỉnh tấm tường hoặc cấu kiện vào đúng vị trí của nó là quan trọng hơn cả vì nó quyết định mức độ chính xác của lắp ghép. Theo thống kê việc điều chỉnh cấu kiện chiếm 30% thời gian lắp ghép. Nhưng nếu trong lắp ghép mà để sai vị trí thì việc sửa chữa hoàn thiện sẽ vô cùng khó khăn tốn kém và có khi hoàn toàn không thể sử dụng được.

Liên Xô trước đây đã có tổng kết đánh giá mức độ chính xác trong lắp ghép nhà tấm lớn theo phương pháp lắp ghép tự do, như sau:

- Tỷ lệ trường hợp chân tường đặt lệch so với tim tường quá mức dung sai cho phép là 12%;

- Tỷ lệ trường hợp tấm tường đặt không thẳng đứng dẫn đến sàn tỳ lên tường chịu lực quá ít (khoảng 20-25mm) chiếm tới 17 đến 45% tuỳ loại nhà;

- Các mạch tường quá bé (0-9mm) là 11%;

- Các mạch tường quá lớn (trên 40mm) là 7%.

Qua số liệu thống kê trên, ta thấy phương pháp lắp ghép tự do (phương pháp thi công lắp ghép đầu tiên) không hoàn hảo, tốn thời gian, tốn nhiều sức lao động và thời gian sử dụng máy, sai số lắp ghép nhiều cần phải cải tiến để nâng cao chất lượng công trình, giảm thời gian thi công và sức lực của người thợ.

## II. LẮP GHÉP KIỂU TỰ DO CẢI TIẾN

Đây cũng vẫn là phương pháp lắp ghép tự do, nhưng có những thay đổi: về hình dạng kết cấu lắp ghép; được trang bị thêm các chi tiết định vị vạn năng và các dụng cụ chống đỡ để điều chỉnh và liên kết tạm thời; cải tiến cách sử dụng cần trục và các phương tiện vận chuyển; cải tiến trình tự lắp ghép... Những cải tiến này được thể hiện rõ nhất trong việc lắp ghép các loại nhà dân dụng, đặc biệt là nhà ở tấm lớn.

**1. Cải tiến hình dạng kết cấu**

Khi lắp ghép các tấm tường chịu lực của nhà nhiều tầng phải đặt trùng tim trong khi các tấm sàn đã che khuất vị trí tấm tường chịu lực bên dưới, để việc lắp ghép được chính xác và nhanh chóng người ta có thể:

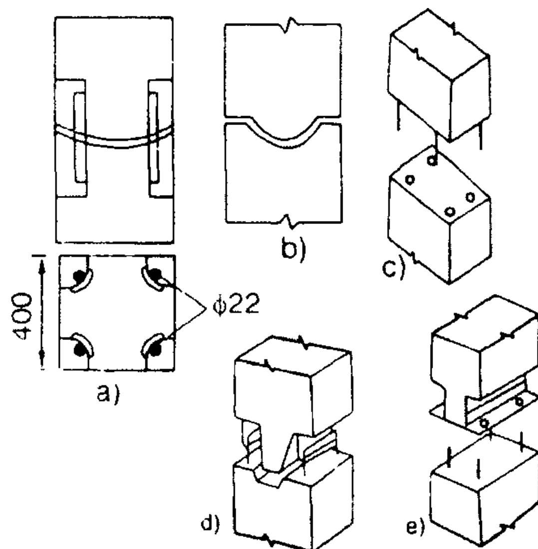
- Để lỗ hở ở tấm sàn để người công nhân có thể nhìn thấy tấm tường dưới;

- Cạnh trên tấm tường làm 2 bu bông định vị;

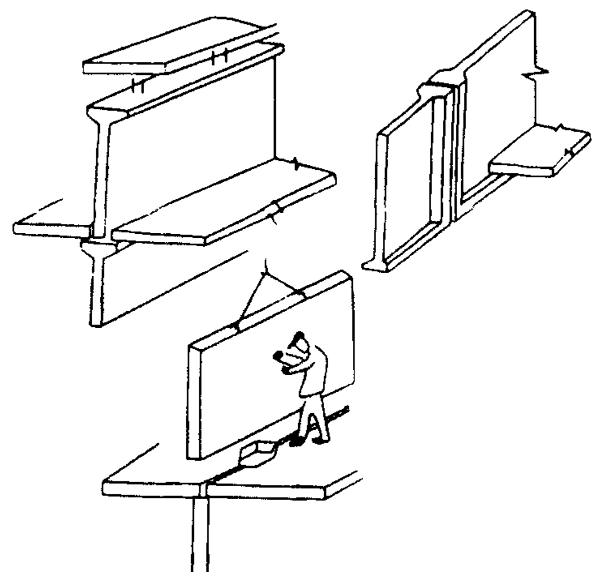
- Thay đổi hình dạng tấm tường như làm thêm vai đỡ sàn;

- Làm dày thêm các mép ở đầu các tấm tường như được bổ trụ;

- Mối nối cột có dạng hình cầu, có chốt hoặc bu lông (hình 3-22; 3-23)




*Hình 3-22. Cải tiến mối nối cột.*
*a, b. Cột hình cầu có hàn và không hàn kiên kết; c, d. Mối nối không hàn kiểu chốt; e. Mối nối không hàn kiểu bu lông.*



*Hình 3-23. Cải tiến hình dạng tấm tường.*
*a. Để lỗ hở tấm sàn để kiểm tra khi lắp ghép; b. Làm thêm vai đỡ sàn; c. Làm dầy thêm 2 cạnh đứng tấm tường*

**2. Sử dụng các dụng cụ định vị**

Người ta gia công những chi tiết thép hàn vào các chi tiết chôn sẵn của kết cấu để đón chân các tấm tường vào đúng vị trí thiết kế (hình 3-24; 3-25).

*Hình 3-24. Bên trên tấm tường đặt 2 bulông định vị thay thế quai cẩu.*

1,2. Các tấm tường trên và dưới; 3. Bulông định vị dùng làm quai cẩu tấm tường; 4. Lỗ; 5,6. Chi tiết liên kết với bulông dùng làm quai cẩu.

*Hình 3-25. Định vị tường ngoài và vách ngăn bằng*

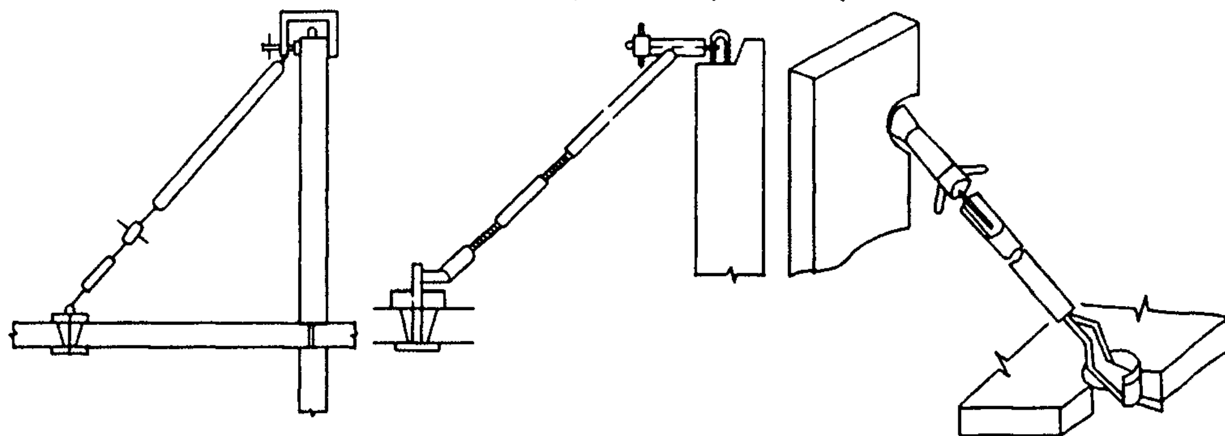
Cũng có thể làm thêm 2 bulông ở cạnh trên tấm tường vừa dùng làm quai cẩu và để liên kết vĩnh viễn các tấm tường, hoặc cũng có thể sử dụng các móc để định vị và liên kết chúng.

**3. Cải tiến các công dụng chống đỡ, dùng các thiết bị vạn năng để điều chỉnh và liên kết tạm thời cấu kiện.**

Thiết bị tự tháo dỡ khi lắp ghép (hình 3-26; 3-27; 3-28; 3-29; 3-30)

*a, b, c, d. Liên kết và điều chỉnh cột bằng nêm;*
*e, f. Liên kết và điều chỉnh cột bằng kích;*
*g, h. Liên kết và điều chỉnh cột bằng khung dẫn*

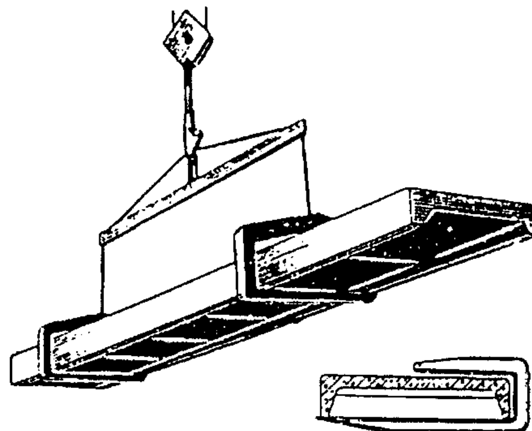
**Hình 3-26.** *Các bước cải tiến dụng cụ liên kết và điều chỉnh tạm thời cột bê tông*



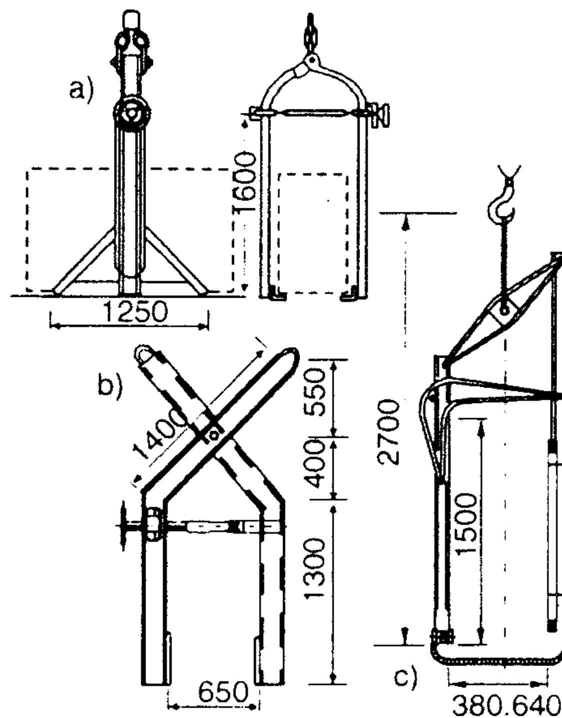
**Hình 3-27.** *Các dụng cụ chống đỡ tấm tường*

*Hình 3-28*

*a, b- Khung dẫn liên kết cột với cột;*
*c, d - Khung dẫn liên kết cột với móng*



***Hình 3-29.** Dụng cụ nâng và lắp panen sàn tự tháo dỡ*




*Hình 3-30. Dụng cụ nâng và lắp ghép các khối tường bằng gạch xây*

**4. Cải tiến cần trục và các thiết bị cẩu lắp**

Để nâng cao năng suất lao động, rút ngắn thời gian thi công thì một điểm vô cùng quan trọng trong lắp ghép là sử dụng hiệu quả cần trục lắp ghép. Muốn vậy thì người lái phải nhìn rõ được vị trí lắp ghép. Thực tế đã có một số cải tiến theo hướng đó, như sau:

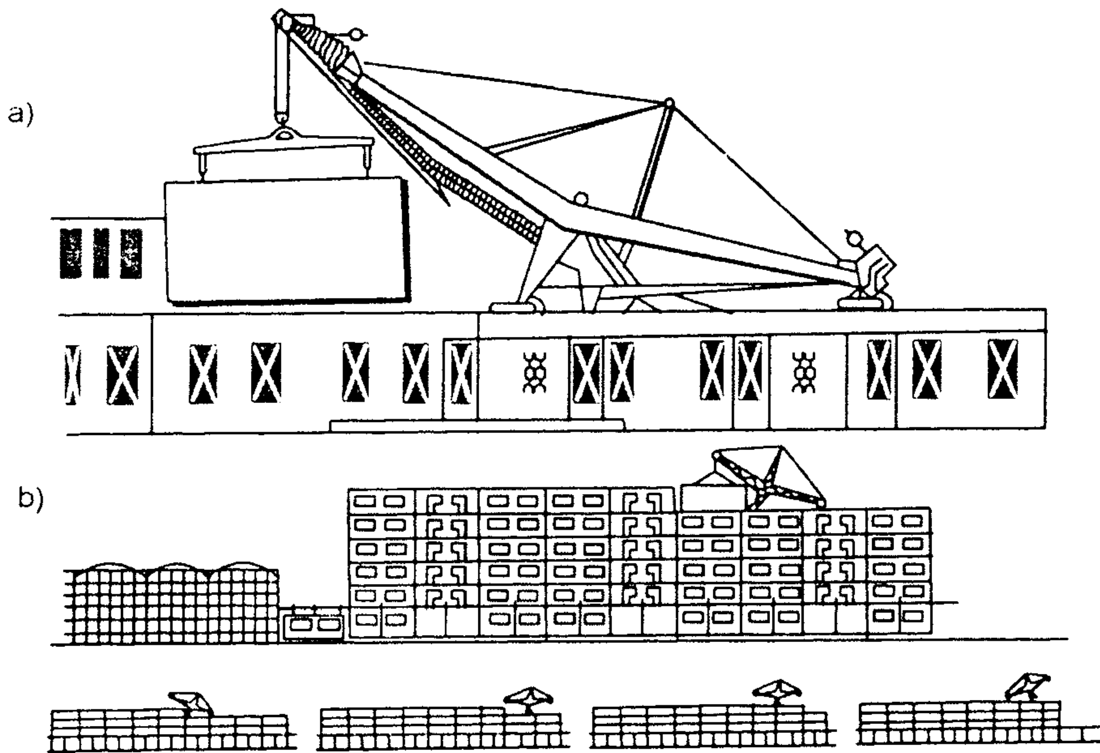
- Đưa cần trục lắp ghép lên các tầng nhà (hình 3-31);

- Sử dụng cần trục tự nâng;

- Cho ca-bin lái cần cẩu thay đổi độ cao tuỳ theo vị trí lắp ghép;

- Trang bị cho cần trục các rơle tự động để khống chế sức nâng đối với độ quay quãng đường di chuyển sao cho phù hợp với công trình. Tránh những thao tác thừa, đồng thời đảm bảo an toàn cho người và cho máy;

- Trang bị cho cần trục các cần điều khiển để giúp những người thợ lắp ghép khi cần điều chỉnh những cấu kiện lớn nặng, nhằm giảm nhẹ những công việc vất vả và nguy hiểm của những người thợ lắp ghép.




*Hình 3-31. Đưa cần trục lên các tầng nhà để lắp ghép*

## III. DÙNG KHUNG DẪN LỚN

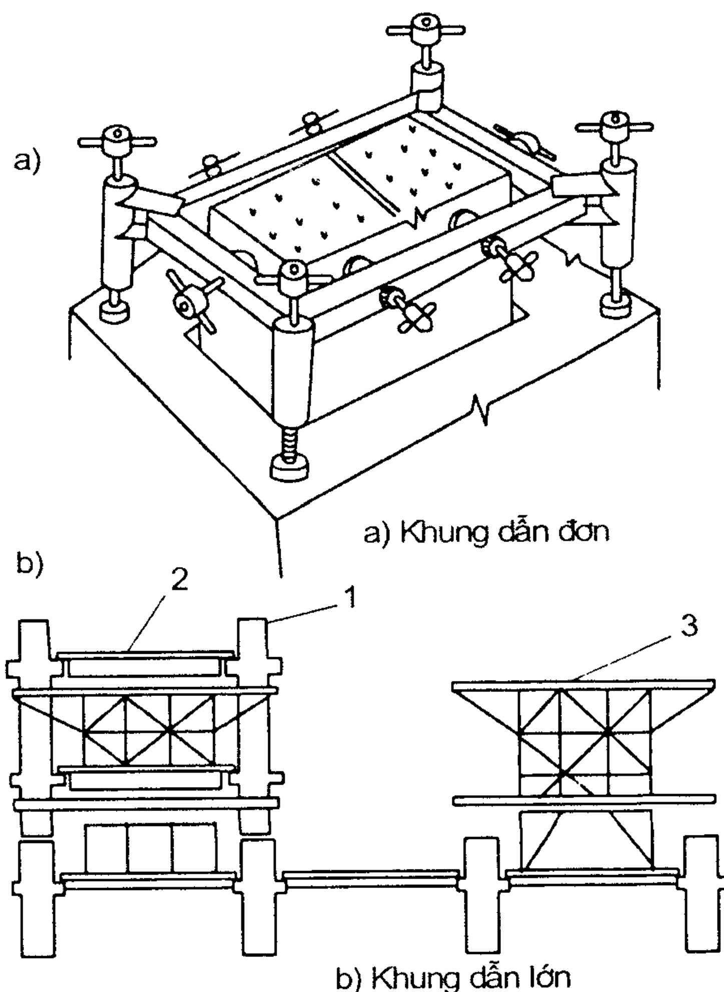
Trong lắp ghép nhà khung, khung dẫn là dụng cụ để định vị chân cột. Ngoài ra, nó còn có chức năng điều chỉnh và cố định tạm thời cột. Khung dẫn đơn chỉ phục vụ được cho một cột. Cần trục được giải phóng ngay sau khi đã dựng được cột vào khung dẫn. Việc điều chỉnh độ thẳng đứng, xê dịch chân cột xoay cột cho trùng tim đều điều chỉnh bằng các vít ngang của khung dẫn. Đối với những cột nặng và cao, ngoài khung dẫn còn cần có thêm tăng đơ ống hoặc dây giằng để giữ ổn định cho mỗi cột (hình 3-32a).

Dùng khung dẫn lớn có thể hoàn toàn thay thế các khung dẫn đơn, thanh chống xiên và giằng.

Mỗi khung dẫn có thể giữ một lúc được 4 hoặc 6 cột của khung nhà nhiều tầng lại lắp cách ô, số lượng khung dẫn vì thế sẽ rất ít. Mặt khác, khung dẫn lớn có thể sử dụng cho những loại cột dài thông 3, 4 tầng nhà (hình 3-32b; 3-33).

Khung dẫn lớn cũng được dùng trong lắp ghép tường và vách ngăn các nhà tấm lớn. Người ta đã tổng kết và cho biết: sử dụng khung dẫn lớn

trong lắp ghép sẽ giảm được 20% thời gian thi công so với phương pháp thông thường.




*Hình 3-32. Khung dẫn*

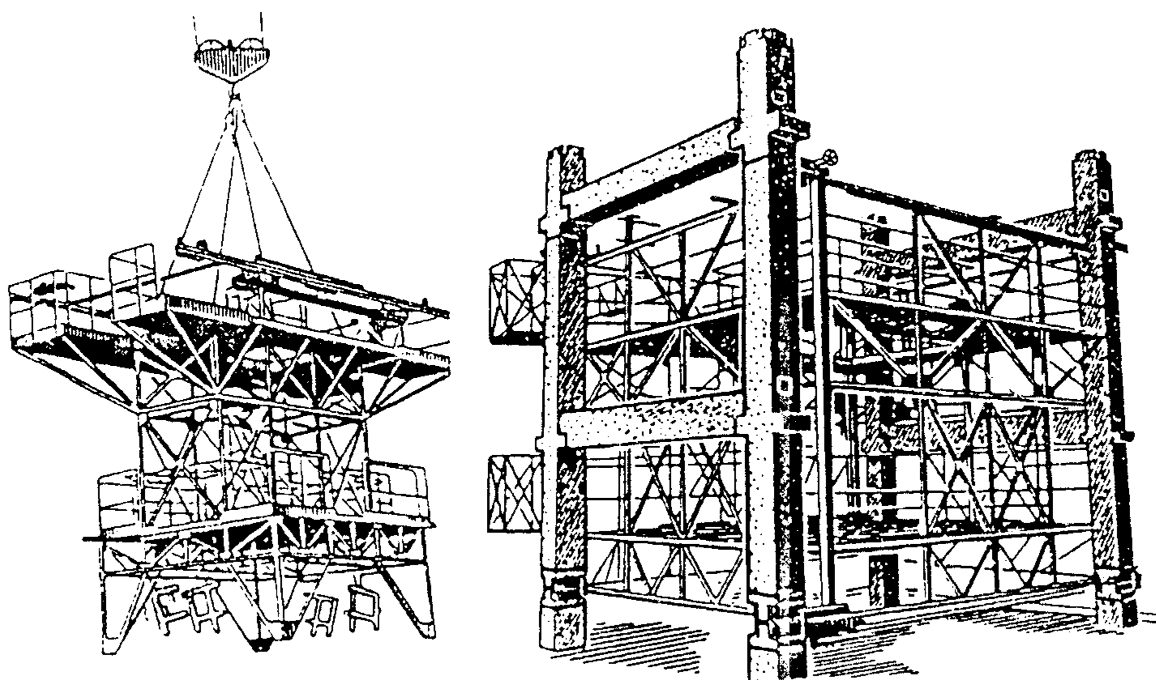
1. Cột nhà; 2. Dầm; 3. Khung dẫn lớn để lắp bốn cột.

Nhược điểm cơ bản của khung dẫn lớn là: cồng kềnh và nặng nề, khó khăn và phức tạp trong chuyên chở.

## IV. ĐỊNH VỊ XÂU CHUỖI

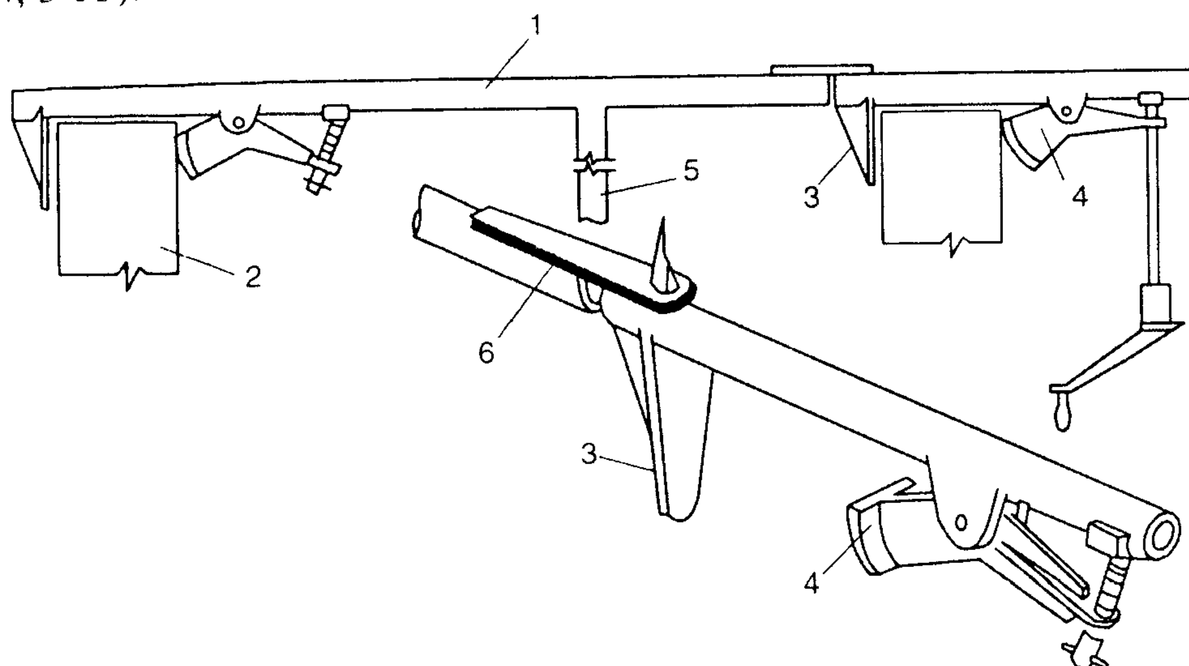
Định vị xâu chuỗi là một cải tiến về trình tự lắp ghép (bán cưỡng bức như phương pháp khung dẫn lớn).

Theo phương pháp này, vị trí mỗi tấm tường được xác định trước trên mặt sàn bằng các công cụ định vị. Ngoài ra chúng còn được liên kết vào các cấu kiện đã lắp trước tạo thành một dãy cấu kiện ổn định mà không cần có sự điều chỉnh riêng lẻ cho từng tấm tường.



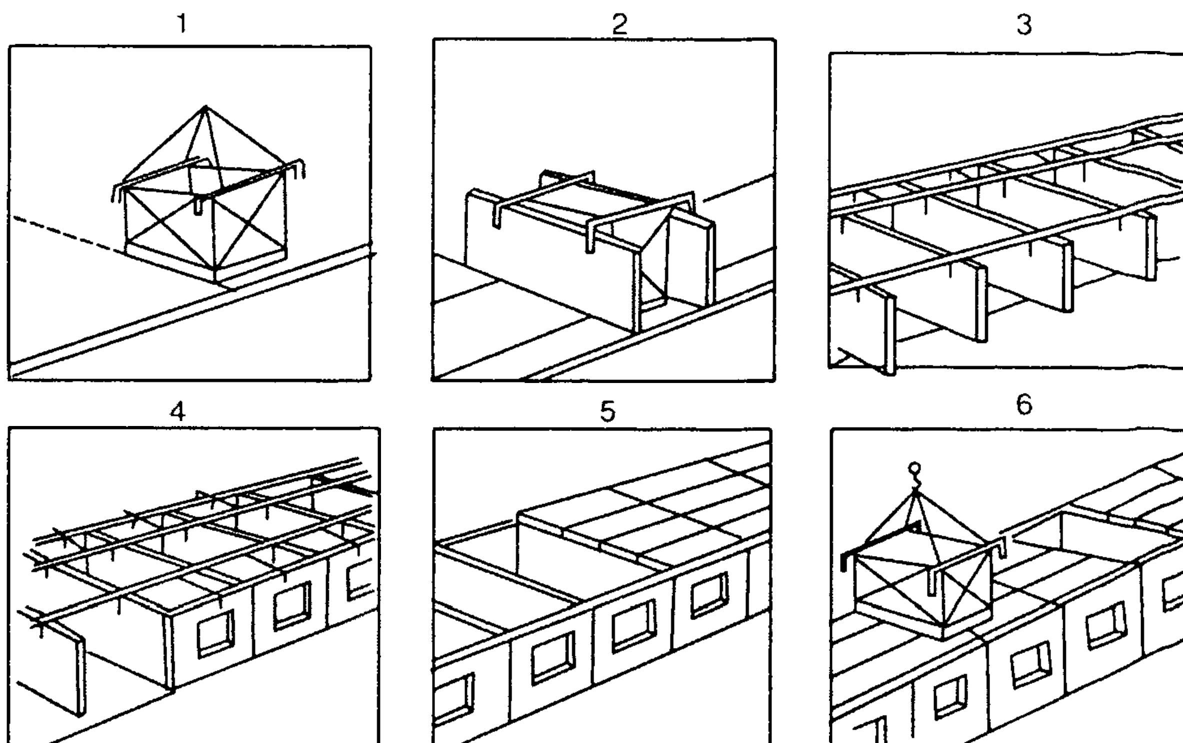
*Hình 3-33. Khung dẫn lớn*

Dụng cụ định vị chân tường gồm một dây băng bằng thép lá mỏng, rộng 25mm dày 0,4mm, dài bằng cả chiều dài đơn nguyên nhà. Trên dây băng có đánh dấu cự ly giữa các tấm tường. Đầu dây có bộ phận căng băng. Dọc theo dây băng phân bố các móc định vị tháo dỡ được (hình 3-34; 3-35).




*Hình 3-34. Giằng đầu tường.*

1. Thanh giằng ngang; 2. Tấm tường; 3. Thanh định vị;
4. Mấu kẹp tấm tường; 5. Cây đặt thanh giằng; 6. Bản nối




*Hình 3-35. Trình tự lắp ghép nhà tấm lớn.*

1. Lắp khung định vị; 2. Lắp các tấm tường ngang làm chuẩn;
3. Lắp các tấm tường ngang trong; 4. Lắp các tấm tường ngoài;
5. Lắp các tấm sàn; 6. Chuyển khung định vị lên tầng trên.

Khi lắp tấm tường ngoài, người thợ đẩy sát chân tường vào móc định vị các móc này được cố định bằng vít vào dây băng đặt trên sàn tầng, mỗi tấm tường đặt tỳ lên 2 dây băng.

Sau khi lắp xong các tấm tường của một tầng nhà, người ta tháo rời các móc định vị ra khỏi dây băng và cuốn dây băng lại.

Dùng băng định vị thì không cần trắc đạc để vạch tim cho mỗi tấm tường mà chỉ cần xác định trên mặt mỗi sàn một đường trục chuẩn.

Để giữ cho tường khỏi đổ, người ta dùng các thanh giằng ngang đặt trên đầu tường. Thanh giằng này là một ống thép có gắn các bộ phận định vị cách nhau đúng bằng khoảng cách bức tường và có cơ cấu để người đứng trên sàn đó có thể vặn liên kết cứng tấm tường vào thanh giằng ngang. Dụng cụ này chỉ nặng 10-12 kg nên công nhân sử dụng dễ dàng và không cần dùng đến thang.

Phương pháp định vị xâu chuỗi này có ưu điểm:

- Nâng cao độ chính xác lắp ghép;

- Thời gian sử dụng cần trục giảm từ 2-3 lần so với lắp ghép tự do thông thường;

- Công lao động được giảm một phần nhưng cũng còn nhiều công việc nặng nhọc phải thực hiện bằng thủ công.

## V. LẮP GHÉP THEO PHƯƠNG PHÁP CƯỠNG BỨC

Bản chất của phương pháp lắp ghép cưỡng bức (hay còn gọi là phương pháp lắp ghép tự định vị) là sử dụng các chi tiết chôn sẵn hoặc các công cụ lắp ghép để làm các chức năng:

- Định vị cấu kiện, đảm bảo chính xác vị trí của cấu kiện theo thiết kế ngay khi lắp đặt chúng;

- Thay thế các dụng cụ thiết bị giằng chống và liên kết tạm thời trong khi chưa liên kết vĩnh viễn;

- Liên kết vĩnh viễn các cấu kiện có thể không cần hàn nối.

Phương pháp lắp ghép cưỡng bức đã giải quyết được mâu thuẫn trước đây là: việc sản xuất các cấu kiện bằng bê tông cốt thép phần lớn được làm trong các nhà máy đã được công nghiệp hoá ở mức độ cao, nên chất lượng sản phẩm, độ chính xác rất tốt; Song, trong khi việc lắp ghép chúng ở công trường vẫn tốn nhiều sức lao động, chi phí mất nhiều thời gian mà mức độ chính xác và chất lượng công trình thì lại phụ thuộc rất nhiều vào trình độ, thói quen và lương tâm người thợ.

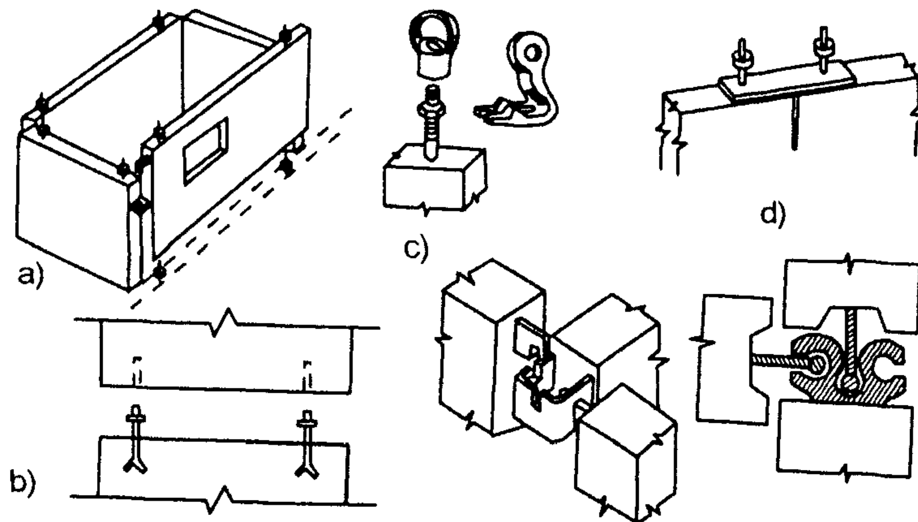
Mục tiêu của phương pháp lắp ghép này là tăng cường hơn nữa mức độ công nghiệp hoá ngành xây dựng để đảm bảo có những cấu kiện có độ chính xác cao, đồng thời nghiên cứu các cấu tạo, các mối nối liên kết thật hợp lý để sao cho ngoài hiện trường có thể loại trừ phần lớn các lao động thủ công, tiến tới cơ giới hoá tổng hợp hoặc tự động hoá một phần công tác lắp ghép, làm sao để công việc lắp ghép chỉ phụ thuộc vào công nhân trên hiện trường ở mức độ tối thiểu.

Hai chốt định vị ở đầu trên tấm tường đứng là một ví dụ. Các chốt định vị này đều được ren răng để bắt êcu. Chính chúng cũng là quai cẩu

của tấm tường và đồng thời định vị cho tấm tường bên trên để đảm bảo cả bức tường đồng trục. Ở cạnh dưới của tấm tường sắp lắp, người ta đã tạo sẵn 2 lỗ đồng trục với 2 chốt định vị của tấm tường bên dưới.

Để điều chỉnh tấm tường theo cao trình, người ta vặn các êcu trên chốt định vị rồi dùng các êcu đó làm chỗ tỳ cho các tấm tường trên.

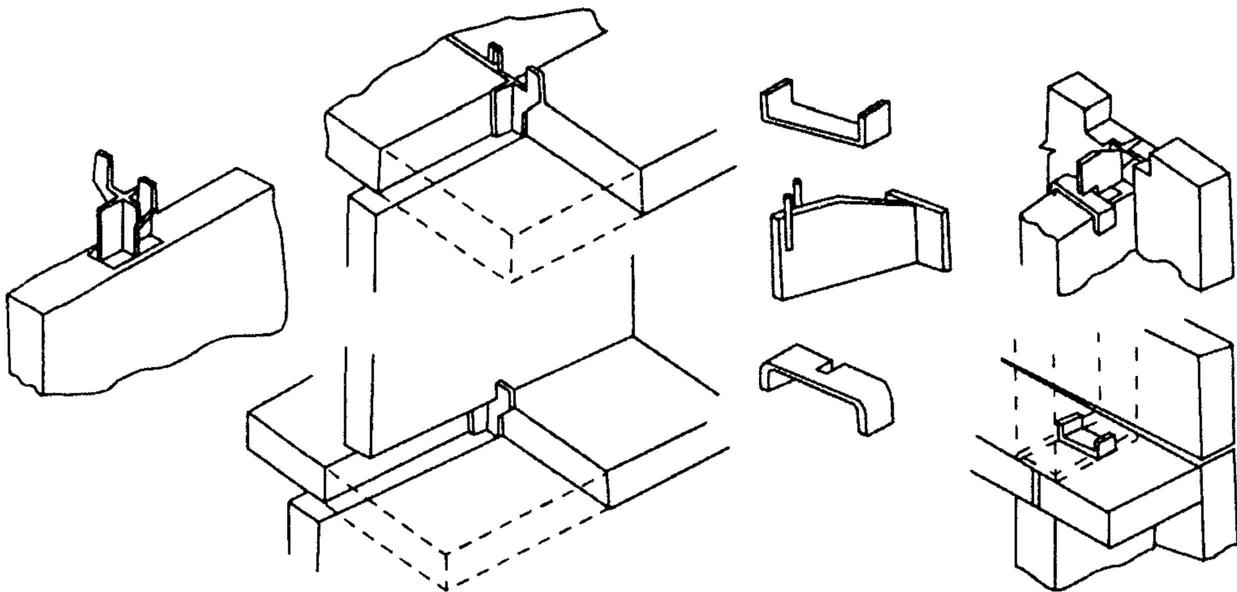
Hai cạnh bên của mỗi tấm tường người ta chôn sẵn các chi tiết móc hoặc chốt mà không cần hàn. Như vậy, mỗi tấm tường khi lắp ghép được định vị bằng 2 chốt dưới chân tường và 2 khoá móc hoặc chốt ở 2 bên cạnh. Do đó không cần thêm bất kỳ một dụng cụ để giằng giữ và liên kết tạm thời nào khác (hình 3-36).




***Hình 3-36.** Liên kết móc nối giữa các tấm tường theo phương pháp định vị cưỡng bức.*

*a. Gian phòng lắp ghép theo phương pháp định vị;*
*b. Các chốt định vị chân tường;*
*c. Chốt định vị dùng làm quai cẩu của tấm tường;*
*d. Chốt định vị dùng để liên kết các tấm tường*

Theo phương pháp lắp ghép cưỡng bức, người ta cũng sử dụng các công cụ đặc biệt để lúc lắp ghép không cần thợ phải điều chỉnh mà vẫn đưa được cấu kiện về đúng vị trí thiết kế (hình 3-37).



*Hình 3-37. Định vị cưỡng bức các tấm tường*

Ưu điểm của phương pháp lắp ghép cưỡng bức:

- Giảm được rất nhiều công lao động trong lắp ghép vì không tốn công điều chỉnh vị trí cấu kiện, không phải lắp và dỡ các dụng cụ neo buộc, liên kết tạm thời cho cấu kiện;

- Tận dụng được cần trục lắp ghép;

- Tiết kiệm được sắt thép để làm các công cụ giằng giữ và liên kết tạm thời;

- Giảm khối lượng công tác trắc đạc và làm liên kết.

- Phân ly quá trình ướt ra khỏi quá trình lắp ghép bằng cách: đầu tiên lắp ráp khô các cấu kiện, sau đó dùng máy móc để chèn mối nối tức là cơ giới hoá tối đa quá trình ướt trong lắp ghép;

- An toàn hơn trong thi công;

- Chất lượng cao và giá thành hạ.

Để đánh giá các phương pháp lắp ghép, chúng ta có thể tham khảo tổng kết sau đây về đặc điểm và các chỉ tiêu kinh tế trong lắp ghép nhà ở tấm lớn:

**Đặc điểm và các chỉ tiêu kinh tế, lắp ghép nhà tấm lớn Tổng kết của CHDC Đức)**

| Các phương pháp lắp ghép | Sự chuyển động của cấu kiện trong lắp ghép | Công cụ sử dụng | Sai số lắp ghép (mm) | Các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Công lao động (%) | Giá thành (%) | Thời gian (%) |
| Lắp ghép tự do | Tự do | Dây mềm | 20 | 100 | 100 | 100 |
| Lắp ghép tự do cải tiến | Tự do có hạn chế | Dây mềm + dụng cụ lắp đặt | 7,5 | 75 | 85 | 60 |
| Lắp ghép bằng khung dẫn lớn | Bán cưỡng bức | Khung dẫn lớn hoặc định vị xâu chuỗi | 2,5 | 60 | 70 | 50 |
| Lắp ghép cưỡng bức | Cưỡng bức | Chi tiết định vị, công cụ chuyên dùng | 0 | 45 | 50 | 20 |

## VI. LẮP GHÉP NHÀ KHUNG

Từ trước đến nay trong tính toán kết cấu cũng như thi công người ta thường phân chia khung nhà thành những kết cấu đơn theo chức năng chịu lực của chúng như cột, dầm, sàn để tận dụng khả năng chịu lực của vận chuyển và cẩu lắp. Độ cứng của nhà khung được xác định bởi liên kết giữa cột và dầm, các tấm sàn lắp ghép liên kết với nhau cũng tạo nên những vách cứng nằm ngang để chuyển lực ngang vào cột, lõi cầu thang hoặc các vách đứng.

Ngày nay, do đã có những thiết bị cẩu trục có sức nâng lớn, cơ sở hạ tầng đường sá cũng tốt, mức độ công nghiệp hoá trong việc sản xuất các cấu kiện lắp ghép cũng đã được nâng lên đáng kể, cho nên trong xây dựng lại có xu hướng khuyếch đại khung nhà ở mức tối đa trước khi cẩu lắp theo khả năng của các thiết bị lắp ghép, để nhằm mục đích như sau:

- Giảm đến mức tối thiểu số lượng cấu kiện phải cẩu lắp;

- Giảm số mối nối tức là giảm bớt khối lượng công việc hàn và đổ bê tông chèn ở công trường, do đó mà giảm bớt lao động thủ công, tăng mức độ chính xác cũng là tăng chất lượng sản phẩm, rút ngắn thời gian thi công;

- Tăng độ ổn định trong thi công giảm được rất nhiều thao tác trong việc cố định tạm thời và điều chỉnh cấu kiện.

Phát triển theo xu hướng này ở Lahavana - Cu ba - khi xây dựng ký túc xá cho sinh viên người ta đã đúc những khung nhà cao từ 4 đến 6 tầng nặng tới 18 tấn cho một lần cẩu lắp.

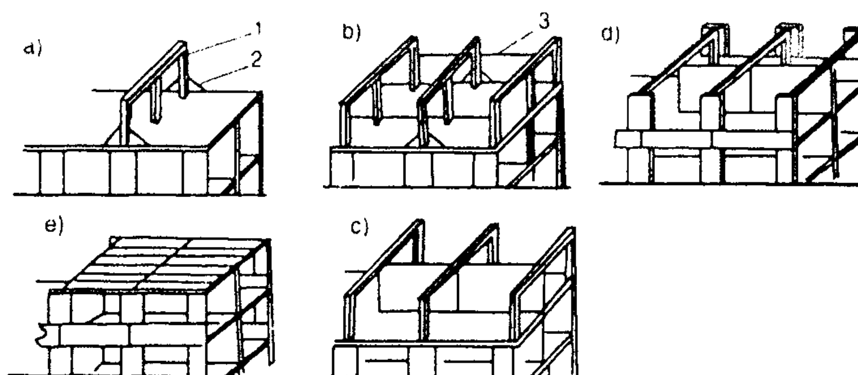
Cũng có trường hợp người ta đổ những cột dài tới 17m cho 3 đến 4 tầng nhà. Dùng loại cột thông tầng ít hoặc không mối nối này có thể tiết kiệm được độ 5% lượng sắt thép do không cần làm các lưới gia cường ở mỗi đoạn cột chỗ các mối nối.

Ở Anh và Pháp đã xây dựng những nhà khung cao đến 23 tầng với những mối nối không hàn. Thay bằng việc hàn, người ta dùng những êcu lớn để nối 2 đầu thép chịu lực của khung trên và khung dưới hoặc lắp cưỡng bức các cột chịu lực ở khung trên vào các ống thép ở khung dưới.

Về phân chia kết cấu nhà khung, thường có 3 sơ đồ cấu tạo:

(1) Khung hoàn toàn cứng (tức là các nút của khung cứng cả 2 phương): Theo sơ đồ cấu tạo này thì kết cấu làm việc tốt, bởi vì điểm nối là điểm có mômen uốn nhỏ theo cả hai phương. Nhược điểm cơ bản của cách phân chia này là sản xuất, vận chuyển và thi công đều rất khó khăn và phức tạp.

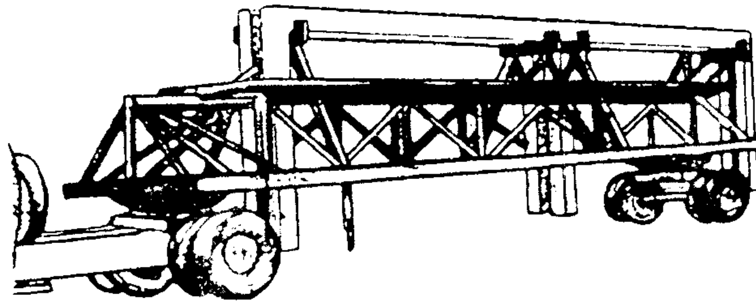
(2) Khung cứng một chiều: Đây là hướng phân chia kết cấu thích hợp với điều kiện thi công cũng như chế tạo hiện nay theo kiểu các khung phẳng.




*Hình 3-38. Trình tự thi công nhà khung*

*a. Lắp ráp khung hai nhịp làm chuẩn; b. Lắp ráp các bộ khung tiếp theo; c. Lắp vách cứng; d. Lắp các tấm bao che mặt ngoài; e. Lắp các tấm sàn*

1. Khung chuẩn; 2. Chống xiên; 3. Giằng ngang.



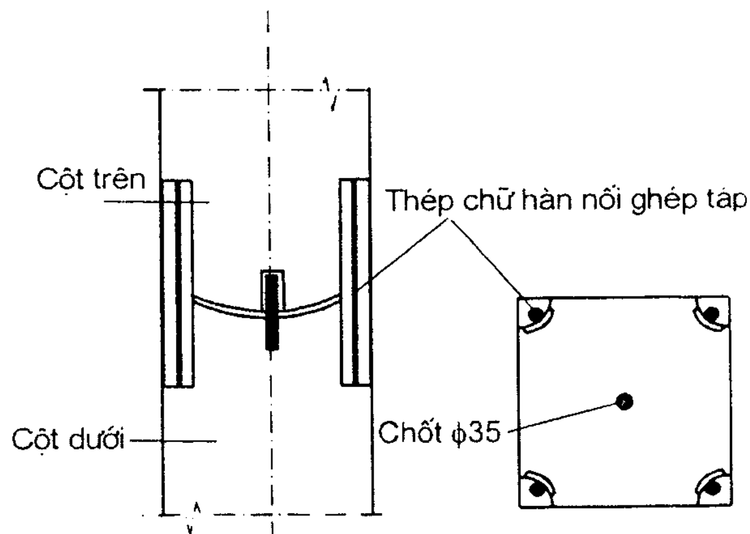
*Hình 3-39. Xe chở khung nhà*

(3) Khung giằng: Các góc của khung là khớp, ổn định tổng thể của công trình và chịu tải trọng ngang từ sàn truyền vào là các lồng cầu thang và các vách cứng.

Ở Tchecoslovakia và Poland đã xây dựng những nhà theo kiểu khung giằng cao 10 tầng thi công lắp ghép bằng các khung dẫn đơn hoặc các thanh chống xiên.

Khó khăn cơ bản của lắp ghép nhà khung là phải làm sao để các cột trùng tâm, đặc biệt là phải khắc phục hiện tượng cột bị nghiêng lệch do ứng suất và biến dạng nhiệt khi hàn ở mối nối.

Một số giải pháp sau đây đã được sử dụng có hiệu quả:




*Hình 3-40. Mối nối hình cầu có*

- Dùng mối nối hình cầu có chốt sắt ϕ35mm ở tâm cột. Các cốt thép chủ của cột trên và dưới được hàn ghép táp. Kết cấu này dùng cho nhà

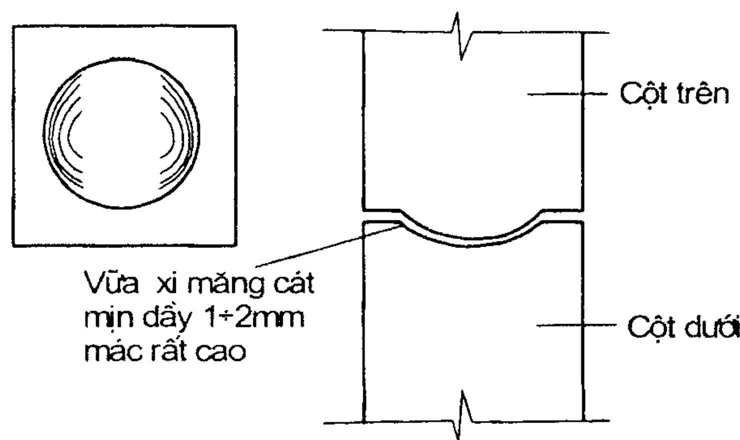
khung giằng (khung các nút là khớp), kích thước cột 40×40cm, bê tông mác 400 khả năng truyền lực của mỗi cột có thể đạt 550 đến 600 tấn (hình 3-40). Dùng mối nối kiểu này có ưu điểm:

+ Khi lắp ghép cột cưỡng bức trùng tâm;

+ Truyền lực dọc trực tiếp qua mặt bê tông khô không cần rải vữa lót;

+ Tốn ít sắt thép.

- Dùng mối nối hình cầu không hàn gắn bằng loại vữa xi măng cát đặc biệt rất mịn (hình 3-41). Loại mối nối này có ưu điểm:




***Hình 3-41**. Mối nối hình cầu không*

+ Khắc phục tình trạng cột bị nghiêng do biến dạng nhiệt khi hàn;

+ Đảm bảo truyền lực đều khắp trên toàn bề mặt mối nối;

+ Giảm thời gian lắp ghép do không phải hàn và chèn kẽ mối nối.

Cách thi công theo phương pháp này như sau: người ta đóng gói một lượng vữa khô vừa đủ dùng cho một mối nối gồm : xi măng Pooc-lăng mác 500 với cát khô mịn theo tỷ lệ 1:1. Khi dùng trộn hỗn hợp trên với nước theo tỷ lệ $\frac{N}{X} = 0,4$ hoặc 0,5 trộn xong phải dùng ngay.

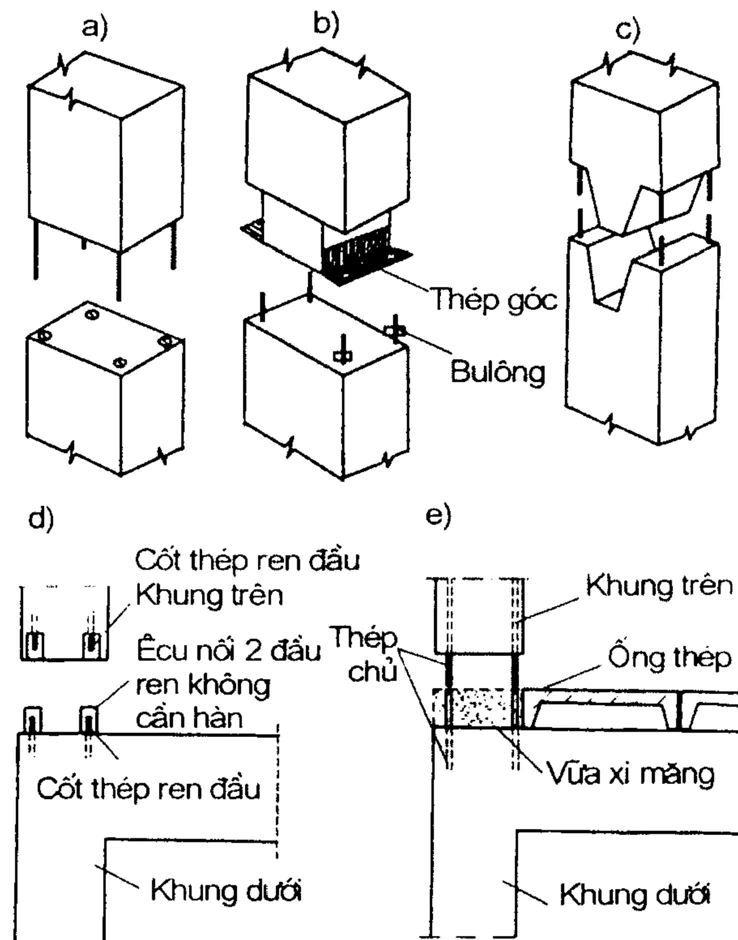
Khi lắp ghép vữa bị trọng lượng cột nén bẹt đảm bảo sự tiếp xúc đều khắp trên toàn bộ bề mặt mối nối. Lớp vữa lót này chỉ dày từ 1 đến 2mm. Khi điều chỉnh cột, lớp vữa không bị nứt do vữa vẫn còn dẻo và nó sẽ tự chảy và chèn kín các khe hở trong mối nối.

Ngoài những loại mối nối trên còn có:

- Mối nối cột bằng chốt hoặc ngàm bằng bê tông.

- Mối nối kiểu chốt không hàn.

- Mối nối dùng êcu kiểu tăng đơ hoặc kiểu vặn bulông thông thường (hình 3-42 a,b,c,d,e)




*Hình 3-42. Các loại mối nối cột BTCT lắp ghép kiểu*
*a. Mối nối kiểu chốt đặc biệt; b. Mối nối kiểu vặn bulông; c. Ngàm bê tông; d. Mối nối không hàn (Anh); e. Mối nối không hàn (Pháp).*

Tường bao che của nhà khung thường là kết cấu treo bám vào khung nhà. Tường bao che được lắp chậm hơn so với lắp khung khoảng 4 đến 6 tầng nhà. Khi đó các thiết bị lắp tường được đặt trực tiếp lên khung chịu lực của nhà. Cấu kiện được vận chuyển trực tiếp từ các xe chuyên dụng chạy trên các sàn tầng. Cần trục hay các phương tiện vận chuyển lên cao khác sẽ đưa các tấm tường bao che lên các tầng nhà.

Người ta cũng có thể sử dụng các loại cần trục nhỏ sức nâng dưới 2 tấn đặt lên mái nhà để lắp ghép tường bao che cho công trình.

Khi lắp ghép kết cấu chịu lực của nhà khung thì công cụ chủ yếu để thi công là các loại khung dẫn sau:

- Khung dẫn để cố định tạm thời cột với móng;

- Khung dẫn để cố định tạm thời cột với cột;

- Khung dẫn lớn lắp ghép đồng thời một số cột hoặc khung nhà (thường là đồng thời lắp ghép 2 khung hoặc 4 hay 6 cột).

## VII. LẮP GHÉP KIỂU HỘP PHÒNG (HAY CĂN HỘ)

Lắp ghép kiểu căn hộ hay hộp phòng là đỉnh cao của trình độ lắp ghép được phát triển thịnh hành nhất ở Liên Xô bắt đầu từ những năm 1953-1954 và tại Cộng hoà dân chủ Đức bắt đầu từ những năm 1958-1959 giai đoạn phát triển kinh tế thời kỳ phục hồi sau chiến tranh.

Theo phương pháp xây dựng này người ta xếp những hộp phòng liền kề bên nhau hoặc chồng lên nhau tạo thành những toà nhà, mỗi hộp phòng là một cấu kiện hoàn chỉnh được trang bị tiện nghi đầy đủ và cơ bản hoàn thành phần hoàn thiện và trang trí nội thất.

Mỗi hộp phòng là một kết cấu không gian chịu lực độc lập có độ cứng lớn và liên kết với nhau bằng hàn các chi tiết thép chôn sẵn. Do không phải thi công các mối nối ướt nên tốc độ lắp ghép ở hiện trường rất nhanh và độ chính xác khá cao.

Các hộp phòng không dính vào nhau mà thường cách nhau 4 - 6cm để việc lắp ghép được dễ dàng và tạo lớp cách âm rất tốt cho các căn phòng.

*Ưu điểm cơ bản của phương pháp xây dựng nhà kiểu căn hộ*

- Các quá trình sản xuất tốn nhiều công sức và thời gian nhất là chế tạo cấu kiện và lắp ráp thiết bị hoàn thiện công trình đều được thực hiện trong nhà máy. Nơi có thể tận dụng triệt để các tính chất ưu việt của việc công nghiệp hoá; nơi có thể tận dụng tối đa tính chất của vật liệu; và là nơi có thể tổ chức hoàn chỉnh nhất việc thi công dây chuyền... Đó là các ưu việt mà các phương pháp xây dựng khác không thể có được. Ở nhà máy

công tác hoàn thiện sẽ thuận lợi và có kết quả cao hơn nhiều, mà như ta đã biết công tác hoàn thiện thường chiếm tới 65% toàn bộ công lao động thủ công trên công trường.

Do mức độ công nghiệp hoá trong sản xuất các cấu kiện theo phương pháp xây dựng kiểu căn hộ rất cao, khối tích và trọng lượng của một cấu kiện rất lớn, độ chính xác lại rất hoàn hảo nên tốc độ thi công loại nhà này rất nhanh, thời gian xây dựng ở công trường rút ngắn đến mức kỷ lục. Thời gian xây dựng một nhà ở gia đình từ 5 đến 9 tầng theo phương pháp này chỉ trong vòng 1 đến 2 tuần lễ.

Về mặt kinh tế nhà căn hộ so với nhà tấm lớn rẻ hơn 8% và nhẹ hơn 10%. Vì tuy cấu tạo tường 2 lớp, sàn 2 lớp, nhưng chiều dày mỗi lớp chỉ độ 2,5 đến 5cm trong khi đó chiều dày của tường, sàn nhà tấm lớn phải từ 10-15cm.

Với loại cấu kiện sản xuất theo tiêu chuẩn nhà kiểu căn hộ có thể xây dựng nhiều hoặc ít tầng đều được và với một số hộp chuẩn người thiết kế có thể sắp xếp để tạo nhiều kiểu nhà có hình dáng và công dụng khác nhau.

*Về mặt tồn tại cũng có một số vấn đề như sau:*

- Phải có những nhà máy chuyên dụng với những thiết bị tương đối đồng bộ và hoàn chỉnh mới có thể chế tạo được các hộp phòng có chất lượng.

- Phải có các loại xe tải chuyên dụng để chuyên chở các hộp phòng vì khối tích của chúng khá lớn. Chiều ngang của hộp phòng lớn hơn nhiều bề rộng của các xe tải thông thường nên dùng xe thông dụng không chuyên chở được. Một đặc điểm nữa của xe chở các loại hộp phòng là phải trang bị các đệm lò xo rất tốt hoặc phải chở hộp phòng ở tư thế treo.

- Đường chuyên chở hộp phòng từ nhà máy sản xuất đến công trường xây dựng phải đủ rộng và bằng phẳng để xe đi lại ít bị xóc nẩy làm hư hại các kết cấu của hộp phòng và các thiết bị đã lắp ghép.

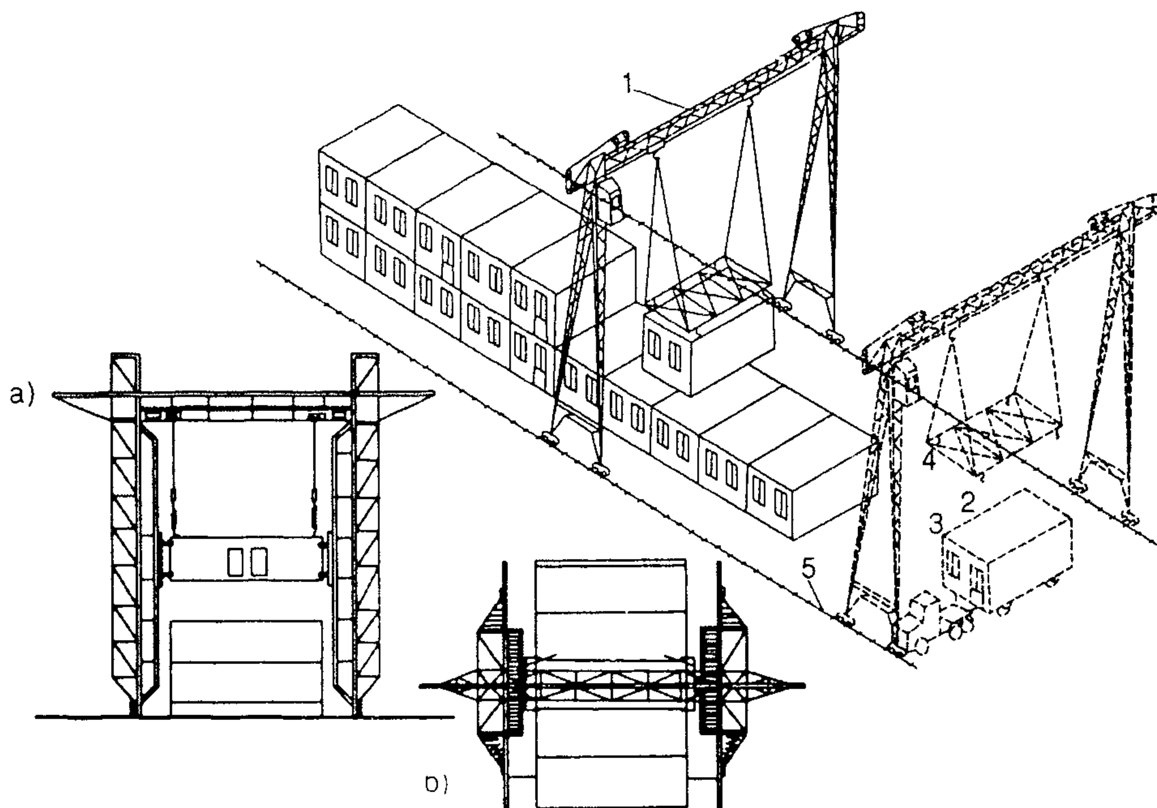
- Trọng lượng các hộp phòng nặng từ 10 đến 15 tấn. Nếu lắp ghép nhà kiểu căn hộ thì trọng lượng thường là 22 đến 25 tấn có khi đến 30 tấn đòi hỏi có cần trục đặc biệt có sức nâng lớn để lắp ghép chúng. Do đó khi thiết kế nhà lắp ghép theo kiểu hộp phòng này thường phải dựa vào sức nâng của cần trục đã có sẵn.

Nếu phải thi công hàng loạt nhà kiểu hộp phòng thì thường tiến hành theo phương pháp dây chuyền: Cho cần trục nhỏ đi lắp các tầng thấp, sau đó dùng cần trục lớn để lắp các tầng cao, hoặc cũng có thể dùng cần trục lớn để lắp các hộp phòng ở giữa nhà trước rồi mới đi chung quanh nhà để lắp các hộp bên ngoài. Song, hợp lý nhất là nên dùng cần trục cổng để lắp ghép loại nhà này, vì nhà chỉ có một vài loại cấu kiện nặng xấp xỉ nhau, nên hệ số sử dụng rất cao thường lên đến 0,9 hoặc đôi khi còn hơn nữa (hình 3-43; 2-44; 2-45).

Theo các tài liệu đã thống kê, cho biết: Năng suất sử dụng cần trục lên đến 60.000 tấn (90.000 $m^2$/năm) đối với lắp ghép nhà hộp phòng và từ 90.000 tấn (150.000$m^2$/năm) đối với lắp ghép nhà hộp kiểu căn hộ.

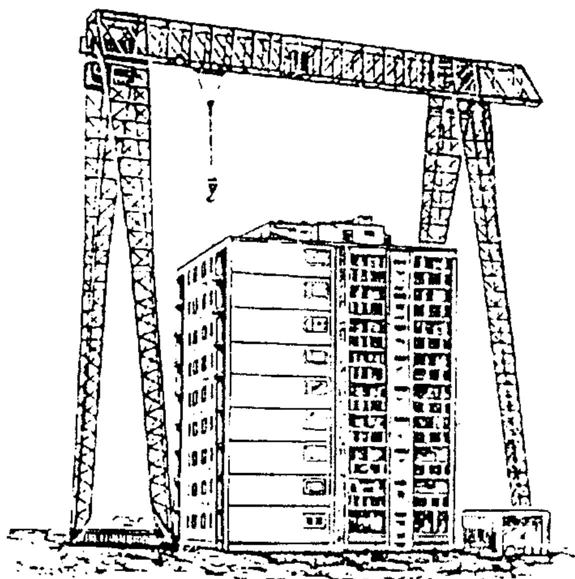
*Phân loại nhà kiểu căn hộ:*

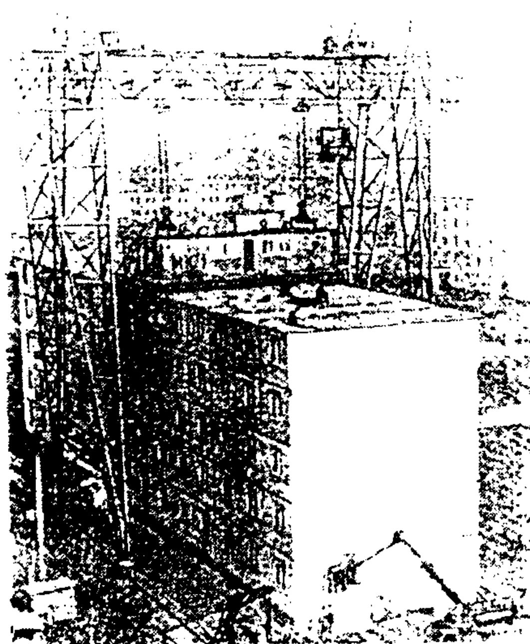
Theo cách cấu tạo, người ta chia loại nhà này thành 3 loại:



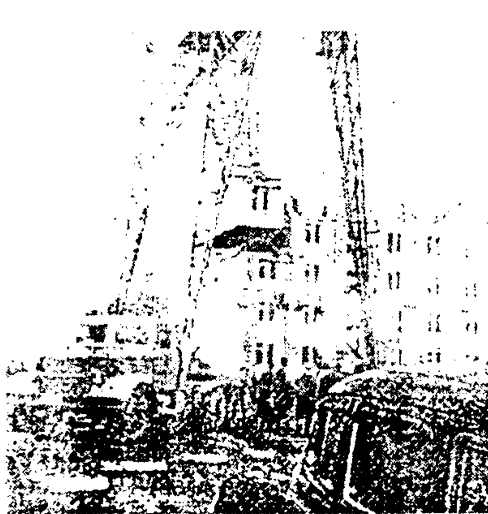

*Hình 3-43. Lắp ghép nhà kiểu căn hộ hay hộp phòng.*

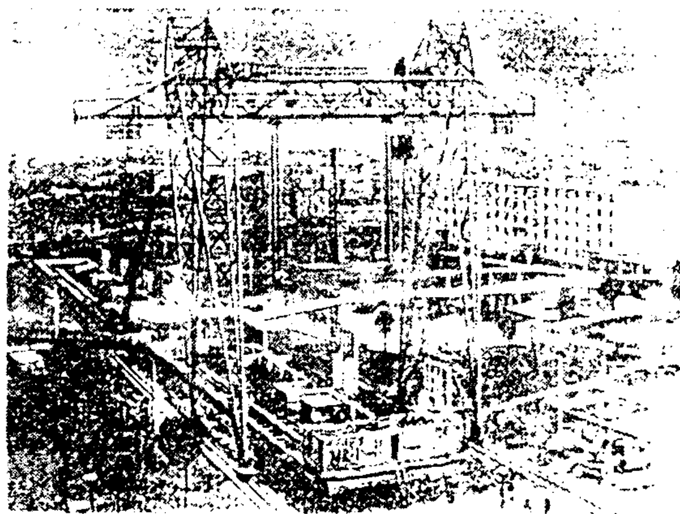
1. Cần trục cổng; 2. Căn hộ lắp ghép; 3. Ô tô chuyên dụng; 4. Đòn treo không gian;





*Hình 3-44. Lắp ghép nhà kiểu hộp phòng ở Liên Xô*





*Hình 3-45a.*

- Loại nhà gồm khung bê tông cốt thép chịu lực và các hộp phòng tự mang: Theo bố trí của loại nhà này thì các hộp phòng tựa lên các dầm ngang và dầm dọc nghĩa là toàn bộ tải trọng truyền lên khung.

- Loại nhà gồm các hộp phòng chịu lực được lắp kết hợp với các tấm sàn và các tấm tường.

- Loại nhà chỉ gồm toàn các hộp phòng chịu lực ghép sát vào nhau, không có thêm một kết cấu nào khác.

Các hộp phòng có thể đúc liền hoặc ghép lại từ các tấm rời.

Khối hộp đúc liền có ưu điểm: tốn ít công sản xuất, độ cứng cấu kiện tốt hơn và có thể cơ giới hoá tổng hợp hoặc tự động hoá hoàn toàn quá trình sản xuất chế tạo cấu kiện. Khối hộp phòng đúc liền này bao gồm 4 bức tường và một sàn đổ toàn khối (nghĩa là trong một lần đổ bê tông) và một tấm sàn khác đúc riêng. Người ta có thể chế tạo tấm sàn này bằng vật liệu nhẹ để giảm bớt trọng lượng của hộp phòng. Sau khi ghép kín cả 6 mặt thì độ cứng của hộp phòng tăng lên rất nhiều.

Khối hộp lắp ghép bằng các tấm phẳng có ưu điểm: có thể sử dụng ngay những sản phẩm của nhà ở tấm lớn; dây chuyền của nhà máy sản xuất cấu kiện không phải thay đổi nhiều; các cấu kiện phẳng này trước khi lắp ghép được lắp ráp thành hộp nhờ các khung gá lắp định hình bằng kim loại.

*Xây dựng nhà căn hộ không sử dụng cần trục lắp ghép:*

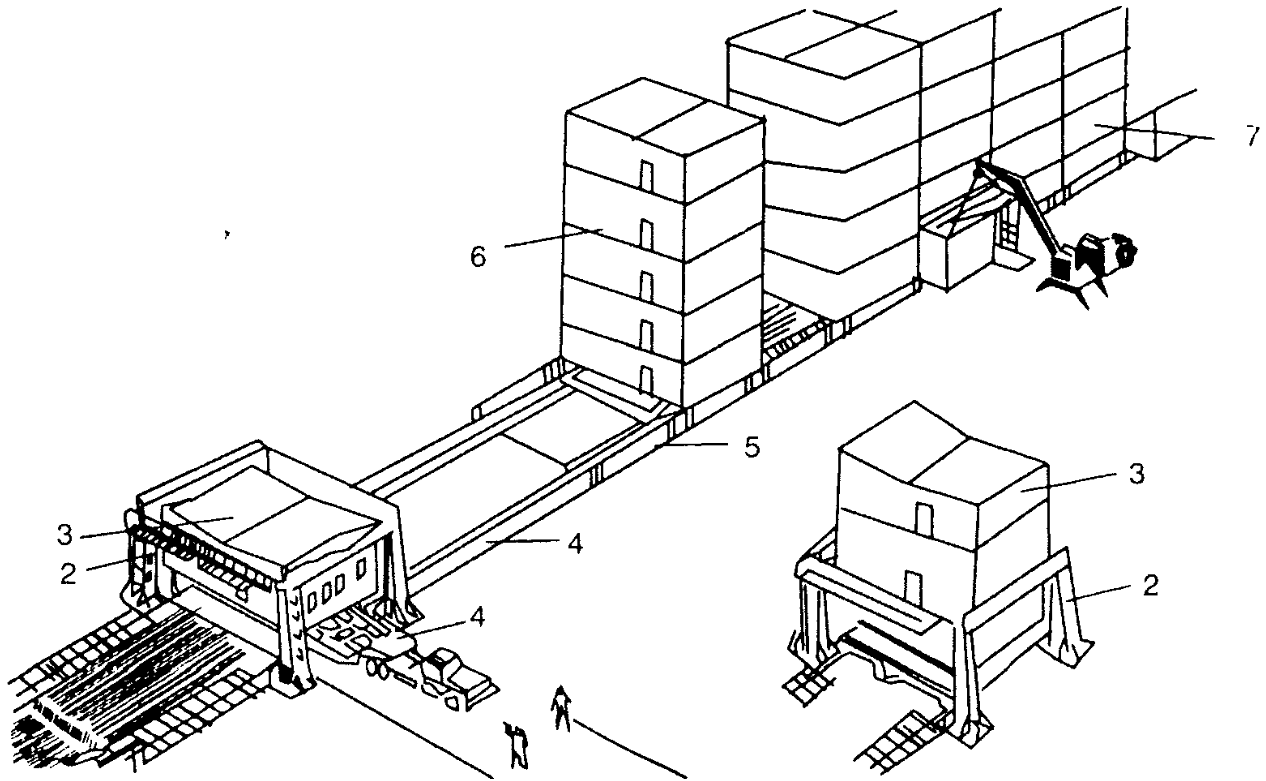
Đây là phương pháp đã được áp dụng tại Liên Xô trước đây, thiết bị thi công chủ yếu là một hệ khung không gian có 4 trụ rất lớn và khoẻ, được trang bị mỗi trụ một máy nâng thuỷ lực có công suất lớn.

Xe tải vận chuyển căn hộ và đưa vào giữa 4 trụ, sau đó các máy nâng thuỷ lực sẽ từ từ nâng khối hộp phòng lên tới một độ cao đủ để cho một xe tải luồn một khối hộp phòng khác xuống dưới hộp phòng vừa nâng, tiếp theo các máy nâng hạ khối hộp phòng tầng trên xuống để hàn liên kết với hộp phòng bên dưới. Tiếp tục với cách thức như vậy, người ta lắp ráp bằng cách đùn dần một đoạn nhà lên hết chiều cao.

Sau khi đã hàn liên kết chắc chắn, toàn bộ đoạn nhà này sẽ được dịch chuyển ngang trên hệ thống ray đến vị trí xây dựng theo thiết kế của ngôi nhà và được hạ xuống phần tường hầm và móng đã chuẩn bị sẵn sát liền với các đoạn nhà đã lắp ráp và dịch chuyển đến trước đó. Các đoạn tiếp sau của nhà cũng sẽ lắp lại như vậy.

Theo phương pháp xây dựng này tốc độ di chuyển ngang đạt tới 10m/phút và tốc độ nâng là 4,7m/phút.

Người ta đã tiến hành thống kê phương pháp xây dựng nhà căn hộ không sử dụng cần trục đối với loại nhà 5 tầng và cho thấy: xây dựng theo phương pháp này công lao động giảm xuống chỉ còn 0,75÷0,80 công cho $1m^2$ nhà ở.




*Hình 3-45. Lắp ghép nhà hộp phòng không sử dụng cần trục lớn*

1. Ô tô vận chuyển căn hộ; 2. Hệ khung nâng gồm 4 trụ ; 3. Các căn hộ được lắp đùn lên theo phương thẳng đứng; 4. Đường ray; 5. Hệ thống máy đẩy; 6. Một đơn nguyên nhà đã lắp xong; 7. Vị trí xây dựng ngôi nhà theo thiết kế.

# Chương III
# PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG HỖN HỢP LẮP GHÉP VÀ ĐÚC TOÀN KHỐI

## I. XÂY DỰNG NHÀ Ở THEO PHƯƠNG PHÁP NÂNG TẦNG VÀ NÂNG SÀN

Đây là một phương pháp xây dựng kết hợp được những ưu điểm của cả hai phương pháp lắp ghép và đổ toàn khối.

Phương pháp thi công này đặc biệt ưu việt khi phải xây dựng công trình ở nơi mặt bằng thi công chật hẹp, xung quanh đã có các công trình xây dựng trước. Bởi vì, phương pháp thi công này chỉ cần mặt bằng của công trường bằng chính bản thân ngôi nhà chiếm chỗ mà thôi.

Phương pháp thi công xây dựng theo phương pháp nâng tầng hay nâng sàn cũng rất thích hợp cho các nhà xây dựng ở sườn đồi. Nó không phải mở rộng mặt bằng cũng như làm đường đi lại lên xuống cho cần trục và các phương tiện vận chuyển cấu kiện như trong phương pháp lắp ghép. Mặt khác, tuy làm nhà nhiều tầng nhưng nó lại không đòi hỏi tốn nhiều cốp pha, cây chống và sàn công tác... như phương pháp đổ bê tông toàn khối.

Một ưu điểm khác của phương pháp thi công này là nó tạo điều kiện cho người thiết kế có thể quy hoạch mặt bằng công trình một cách tự do. Người thiết kế không bị gò bó bởi bất kỳ một mođun kích thước nào. Chẳng hạn như, lưới cột có thể vuông, chữ nhật hoặc bất kỳ một hình thù nào đó, do có thể bố trí cột tự do trên mặt bằng.

### 1. Thi công theo phương pháp nâng tầng

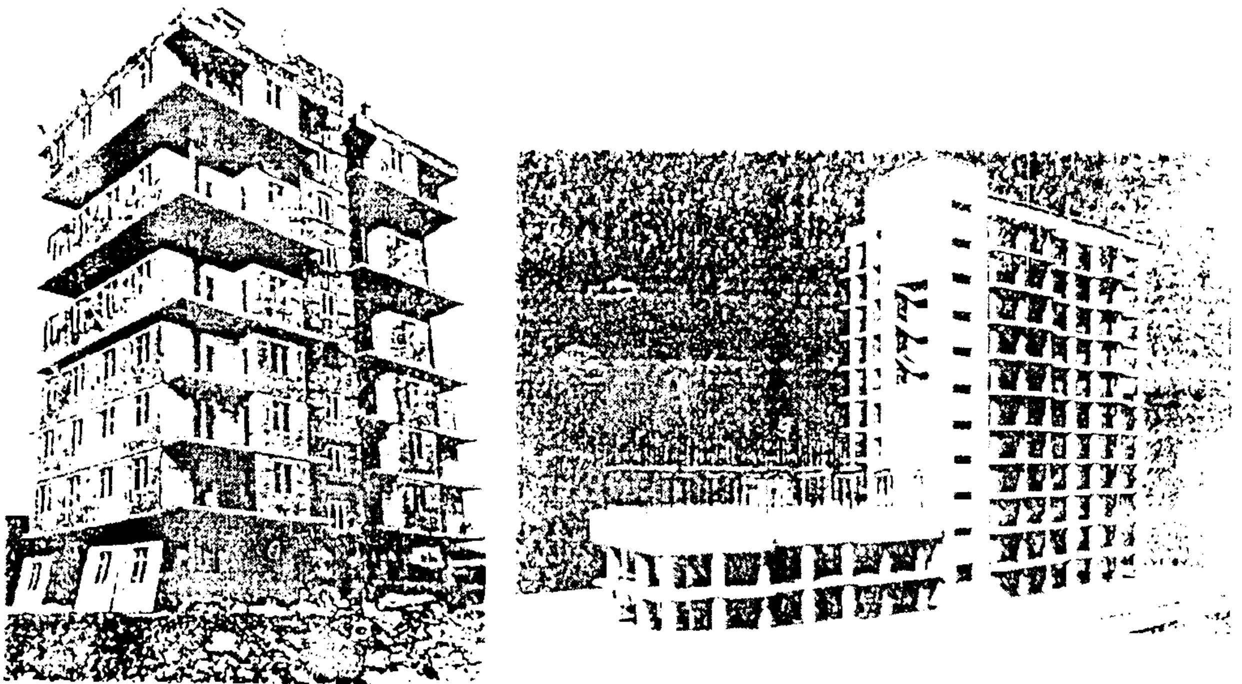
Có hai phương pháp: kéo và đẩy

#### *a. Thi công nâng tầng dùng kích kéo*

Kết cấu đúc sẵn trong nhà theo phương pháp thi công này là cột, có thể cả tường hoặc vách ngăn.

Kết cấu đúc tại chỗ là các sàn tầng và mái, cũng có thể còn là các lõi cứng như lồng cầu thang và thang máy.

Đối với các loại nhà ít tầng (từ 3 đến 5 tầng) cột được đúc liền. Trên thân cột ở mỗi độ cao của các sàn nhà có chôn sẵn những chi tiết bằng thép để làm nhiệm vụ liên kết giữa cột và các sàn tầng sau này. Cột là một trong những loại kết cấu chịu lực chủ yếu của nhà và được lắp dựng trước.



*Hình 3-46. Nhà xây dựng theo phương pháp nâng tầng và nâng sàn.*

Sàn tầng và sàn mái được đổ toàn khối tại chỗ, diện tích của mỗi sàn tầng bằng diện tích của cả đơn nguyên nhà. Ở những vị trí cột xuyên qua sàn người ta bao quanh cột bằng các vành thép ở mỗi sàn tầng. Mục đích đặt những vành đai thép này để liên kết với các thanh treo của kích khi thi công và khi tấm sàn đã nâng lên đến vị trí thiết kế thì liên kết vĩnh viễn vành đai thép này với các chi tiết đã chôn sẵn trong mỗi cột.

Tường nhà là các tấm bê tông cốt thép đúc sẵn. Khi lắp ghép được hàn liền vào các tấm sàn.

Ở Mỹ, Mê-hi-cô, Anh, Cu-ba phương pháp xây dựng này bắt đầu được áp dụng từ 1950 và đã xây dựng được hàng trăm ngôi nhà.

Ở Liên Xô, năm 1959 một nhà 4 tầng xây dựng theo phương pháp nâng tầng được tiến hành ở Leningrat, tiếp đó năm 1964 xây dựng một số nhà 5 tầng, còn ở Ê-rê-van năm 1963 xây dựng một nhà 4 tầng, năm 1966 xây dựng tiếp một nhà 9 tầng theo phương pháp nâng tầng có lõi cầu thang đổ bê tông toàn khối bằng ván khuôn trượt.

Trình tự xây dựng các nhà 4 và 5 tầng ở Ê-rê-va và Lêningrat như sau:

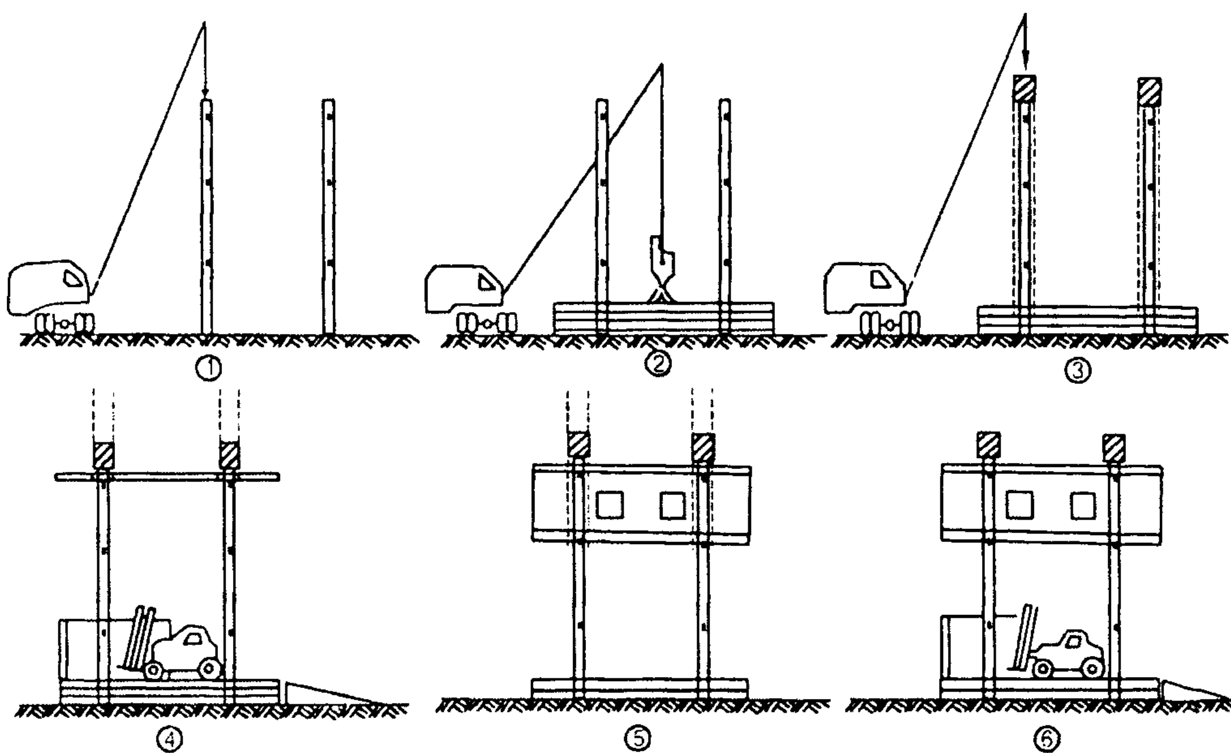
Dùng cần trục tự hành lắp cột thông tầng vào các chậu móng theo cách thông thường. Sau khi lấp đất và san phẳng nền nhà thì tiến hành đổ tại chỗ bê tông các tấm sàn tầng: tấm nọ đúc chồng lên tấm kia và cách ly nhau bởi một lớp chống dính, tấm đúc trên cùng là tấm sàn mái.

Đúc xong sàn, cần trục đặt lên đầu mỗi cột một kích dầu có cấu tạo đặc biệt và có 2 thanh treo dòng xuống các tấm sàn bê tông đã đổ. Đầu tiên kích nâng tấm sàn mái lên vị trí thiết kế của nó ở đỉnh cột và cố định vĩnh viễn ở đó. Sau đó trên tấm sàn tiếp theo người ta tiến hành lắp ghép toàn bộ các kết cấu của tầng nhà trên cùng gồm: tường, vách, các thiết bị điện, nước, vệ sinh... Sau khi hoàn thành thì kích dầu trên mỗi đầu cột lại thả thanh treo xuống và nâng toàn bộ tầng nhà đó lên vị trí thiết kế và lại liên kết vĩnh viễn bằng các vành thép ở các sàn tầng và chi tiết đặt sẵn ở cột.

Các tầng dưới cũng tiến hành tương tự như vậy. Việc lắp ghép các kết cấu bao che và thiết bị ở tất cả các tầng thường người ta không dùng cần trục mà sử dụng loại xe nâng hàng (hình 3-47; 3-48; 3-49; 3-50)

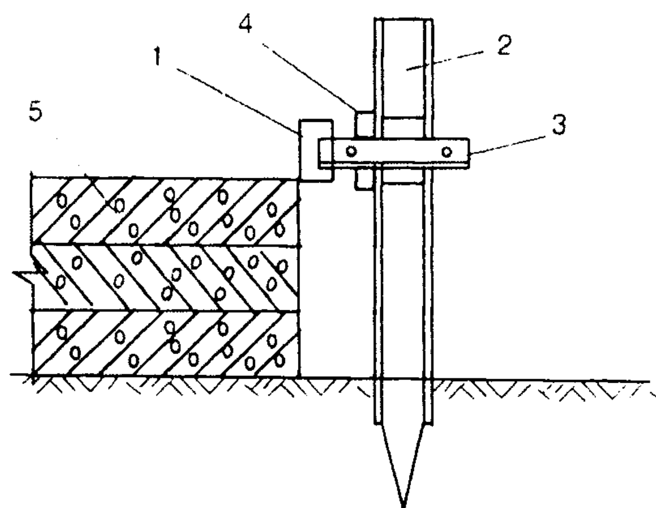
Trường hợp xây dựng nhà nhiều tầng thì cột nhà phải phân ra từng đoạn: mỗi đoạn cột thông 3-4 tầng, đoạn dưới cùng có thể thông đến 5 tầng. Các đoạn cột này sẽ được nối lên dần trong quá trình thi công.

Nhà nhiều tầng mà các bộ phận chịu lực chính là cột và sàn mỏng (không dầm) thường không đủ độ cứng để chịu các tải trọng ngang, vì vậy người ta có thể gia cường thêm các lõi cứng bằng bê tông cốt thép đúc toàn khối. Các lõi cứng này đồng thời là hệ thống lồng cầu thang hoặc thang máy của nhà. Trong lõi có thể có chỗ đặt các hệ thống đường ống. Lõi cứng này cũng được sử dụng để nâng tầng và chịu lực ngang trong quá trình thi công.



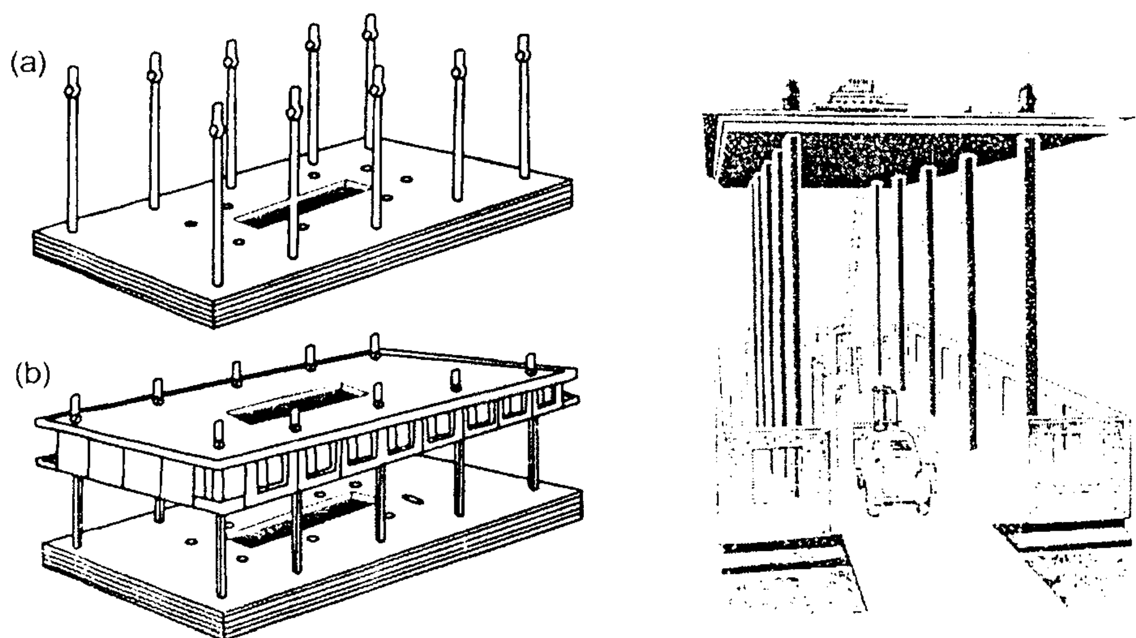

*Hình 3-47. Các quá trình thi công theo phương pháp nâng tầng*

1. Lắp cột; 2. Đúc sàn; 3. Lắp kích nâng tầng;
4. Lắp tường; 5. Nâng tầng; 6. Lắp tường tầng dưới.




*Hình 3-48. Cấu tạo ván khuôn đổ chồng bê tông các sàn tầng*

1. Khuôn bằng thép U; 2. Cọc; 3. Đai; 4. Nêm; 5. Tấm sàn đúc chồng




*Hình 3-49. Thi công theo phương pháp nâng tầng*
*a. Đổ bê tông các sàn tầng lắp cột và kích nâng;*
*b. Nâng mái và tầng mái.*



***Hình 3-50.*** *Xây dựng nhà theo phương pháp nâng tầng ở Liên Xô*

Có thể nâng từng tầng lên hết chiều cao của nó ngay một đợt trên mỗi đoạn cột mới lắp. Song, cũng có thể nâng tuần tự các tầng lên nhiều đợt: mỗi đợt một tầng nhà. Sự phân bố tạm thời các tầng theo chiều cao của cột tuỳ thuộc vào cường độ và độ mảnh của cột trong các giai đoạn nâng.

Trong 2 giai đoạn nâng tấm mái và nâng sàn cần lưu ý: khi nâng tấm mái thì độ mảnh của cột là lớn nhất; còn khi nâng sàn tuy độ mảnh của cột nhỏ hơn nhưng tải trọng của các tầng đã nâng lên trước sẽ ảnh hưởng rất lớn đến khả năng chịu lực của cột.

Năm 1966 tại Ê-rê-van thủ đô nước Cộng hoà Ác-mê-ni (Liên Xô) đã xây dựng một nhà ở 9 tầng, tầng dưới cùng là các cửa hàng. Cột của nhà bằng bê tông mác 400 có tiết diện 40×40 cm đúc sẵn thành 3 đoạn: 2 đoạn trên mỗi đoạn 2 tầng liền nhau, còn đoạn dưới cùng thông suốt 5 tầng nhà. Sàn phẳng không sườn dày 24cm. Theo thiết kế toàn bộ tải trọng ngang sẽ được truyền vào lồng cầu thang và 2 vách cứng (lồng cầu thang chịu lực chủ yếu còn 2 vách cứng hỗ trợ). Vì vậy, lồng cầu thang được đổ bê tông toàn khối mác 300 và dày 25cm, còn vách cứng thì làm bằng các tấm bê tông đúc sẵn mác 200 dày 14cm.

Đoạn cột đầu tiên khi nâng tấm mái có độ mảnh là 79, do đó để ổn định người ta phải đặt hệ giằng tạm tại các đỉnh cột. Hệ giằng này sẽ được gỡ bỏ khi nâng được tấm mái lên tới đỉnh cột và được liên kết tạm vào lồng cầu thang. Kinh nghiệm thực tế cho biết nếu độ mảnh của cột là 60 thì hoàn toàn có thể loại bỏ hệ giằng tạm ở đầu cột.

Chiều dài tính toán của đoạn cột thứ nhất tính từ điểm ngàm trong móng lên tới đỉnh cột. Trong thực tế để giảm độ mảnh của cột này, người ta đã cho cột ngàm tạm thời vào chồng sàn đúc sẵn bằng cách đóng nêm vào các kẽ hở giữa cột và sàn.

Sau khi nâng tấm mái lên đỉnh đoạn cột thứ nhất, thì sử dụng xe nâng hàng để lắp ráp các tấm tường ngoài, vách ngăn và đặt các trang thiết bị của tầng 9, lấp vữa mạch nối giữa các tấm tường và vách ngăn. Mặt khác các tấm tường và vách ngăn cũng được rải sẵn một lớp vữa hoặc phủ một lớp keo để liên kết với tấm mái.

Khi đã hoàn thành mọi công việc thì sẽ tiến hành nâng tầng thứ 9 lên sát tấm mái và cố định tạm vào đoạn cột này bằng chốt.

Các tầng 8, 7, 6 cũng được tiến hành tương tự như vậy.

Lắp và nâng xong 4 tầng (9, 8, 7, 6) thì người ta tháo kích ở tất cả các đầu cột của đoạn cột thứ nhất đưa cần trục lên mái để nối dài thêm đoạn cột thứ 2 (cao bằng 2 tầng) rồi đặt lại kích lên đỉnh các cột này. Sau khi xong việc thì lại hạ cần trục xuống đất.

Quá trình lắp ráp và nâng lại được lặp lại đối với tầng 5 và tầng 4 giống như với các tầng 9, 8, 7, 6. Hoàn thành xong 2 tầng này thì công

việc trên lại được lặp lại một lần nữa đối với tầng 3 và tầng 2. Nghĩa là: đưa cần trục lên tháo kích, nối dài tiếp đoạn cột cuối cùng, lắp lại kích, hạ cần trục xuống đất, lắp ghép và nâng tiếp.

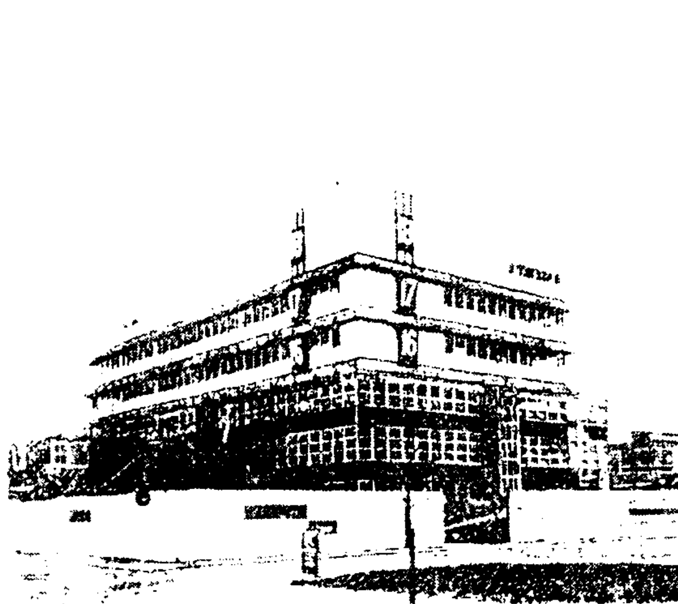
Sở dĩ người ta phân cột với các đoạn 2 và 3 chỉ cao bằng 2 tầng là vì muốn sử dụng cần trục nhẹ cho tiện lợi khi phải lắp ghép trên mái.

*b. Thi công theo phương pháp nâng tầng dùng kích đẩy*

Kết cấu chịu lực của nhà thi công theo phương pháp này là sàn, tường cứng, hoặc kết hợp cả tường cứng và cột.

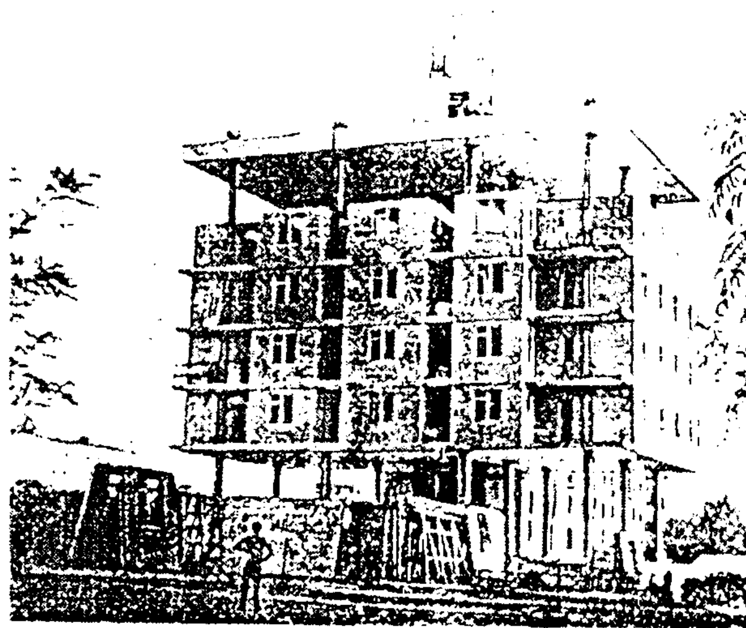
Thiết bị thi công là các loại kích lớn đặt dưới các tầng hầm, tốc độ chậm và hành trình của kích ngắn.

Hình vẽ dưới đây giới thiệu việc thi công theo phương pháp này đối với một toà nhà 17 tầng ở thành phố Cô-văng-tờ-ri nước Anh. Kết cấu chịu lực của sàn là một hệ dầm bê tông cốt thép ứng suất trước rộng 1,6m đặt vuông góc và đối xứng cách nhau 10m và cách mép ngoài nhà 5m. Mặt bằng nhà hình vuông 20×20m.





*Hình 3-51. Xây dựng nhà theo phương pháp nâng tầng dùng kích đẩy.*



*Hình 3-52. Xây dựng nhà nâng tầng ở Liên Xô cũ.*

Kết cấu chịu lực là 8 tường cứng, mỗi cạnh nhà 2 tường đè lên các dầm ứng suất trước của sàn.

Trên móng tường chịu lực đặt tổng cộng 40 kích thuỷ lực, công suất 220 tấn mỗi kích, có hành trình 230mm. Mỗi cạnh nhà có 2 nhóm kích mỗi nhóm 5 chiếc (hình 3-53). Sơ đồ thi công nhà nâng tầng dùng kích đẩy).

Tổng tải trọng nhà phải nâng là 7500 tấn trong khi sức nâng của 40 kích là 8800 tấn. Tốc độ nâng nhà là 8mm/phút.

Công tác thi công được tiến hành theo phương pháp dây chuyền, trình tự như sau:

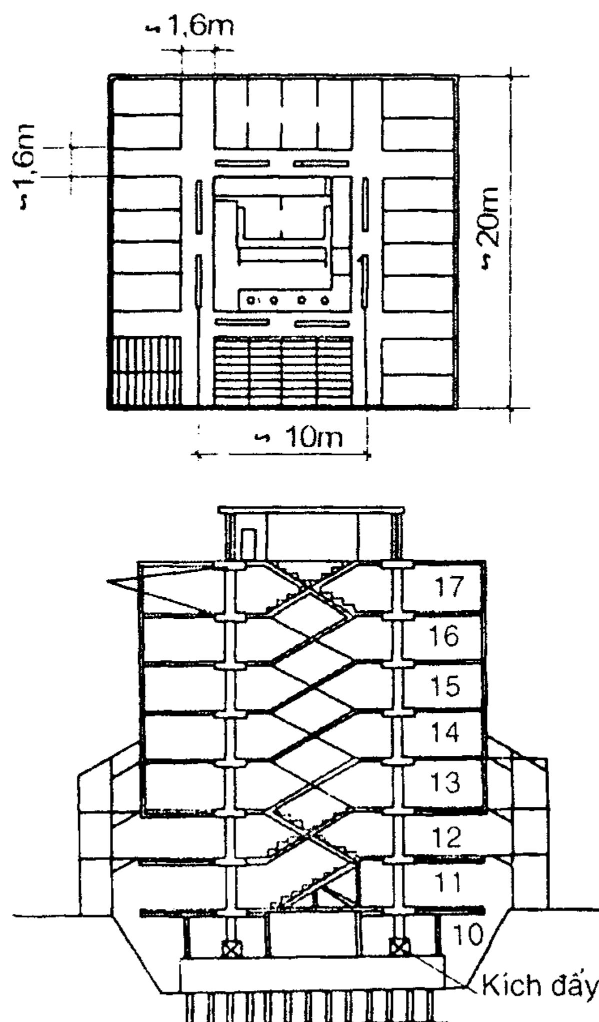
- Tầng 17 đã tiến hành xong tất cả các công việc thì được đẩy lên đến cao trình của tầng 5;

- Tầng 16 trong khi đó nằm ở cao trình của tầng 4 và hoàn thiện công tác sàn;

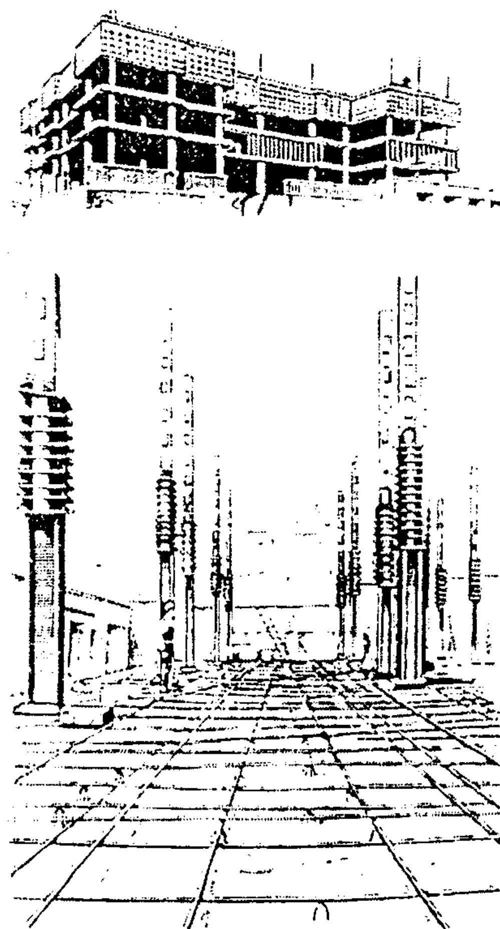
- Tầng 15 nằm ở cao trình của tầng 3 và đang tiến hành phần mộc;

- Tầng 14 nằm ở cao trình tầng 2, song đã kết thúc phần lắp tường và tiến hành trát;

- Tầng 13 nằm ở cao trình tầng 1 và đang tiến hành lắp vách cùng với các thiết bị vệ sinh;




*Hình 3-53. Sơ đồ thi công nhà nâng tầng*



*Hình 3-54. Xây dựng nhà theo phương pháp nâng tầng ở Mỹ.*

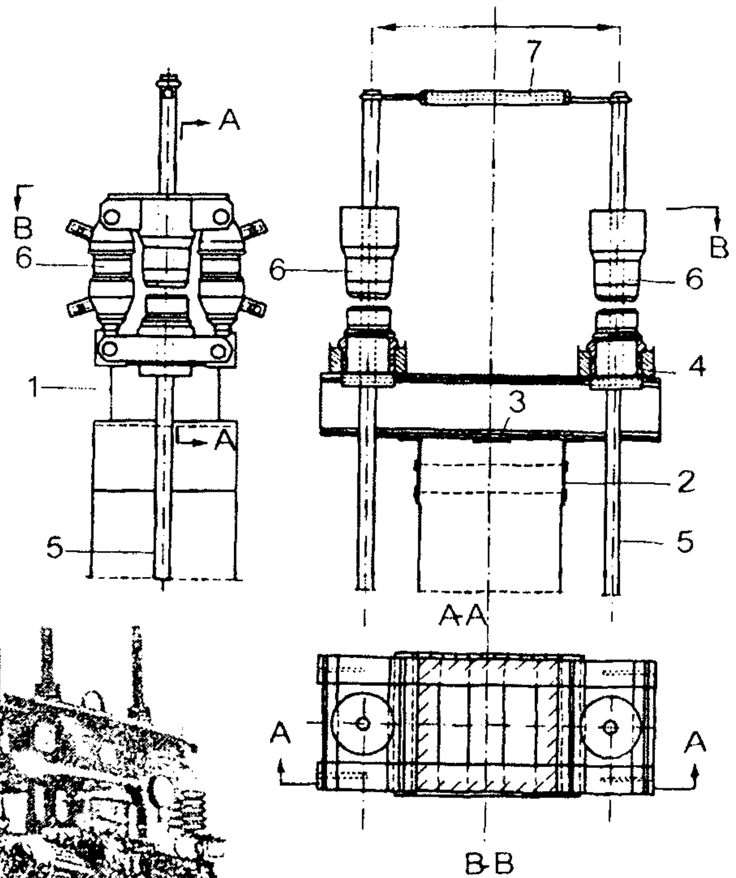
- Tầng 12 nằm ở tầng hầm và đang tiến hành công tác đổ bê tông sàn.

Như vậy khi tầng 17 xong hoàn toàn thì 4 tầng dưới tiếp tục công tác hoàn thiện và chuẩn bị nâng tầng 12. Và cứ tiếp tục như vậy, nghĩa là: mỗi lần đẩy lên một tầng mới thì ta cũng sẽ có thêm một tầng đã được hoàn chỉnh. Về lý thuyết thì phía trên cao trình của tầng 5 sẽ không còn người thợ nào phải bước chân lên đó nữa; và việc lắp ghép các tấm vách tấm tường, các thiết bị vệ sinh chỉ diễn ra ở cao trình của tầng 1 cho tất cả các tầng của toàn nhà.

**2. Thi công theo phương pháp nâng sàn**

Về nguyên lý thi công theo phương pháp nâng sàn không khác gì phương pháp nâng tầng nhưng chỉ dùng kích kéo chứ không dùng kích đẩy (hình 2.55).



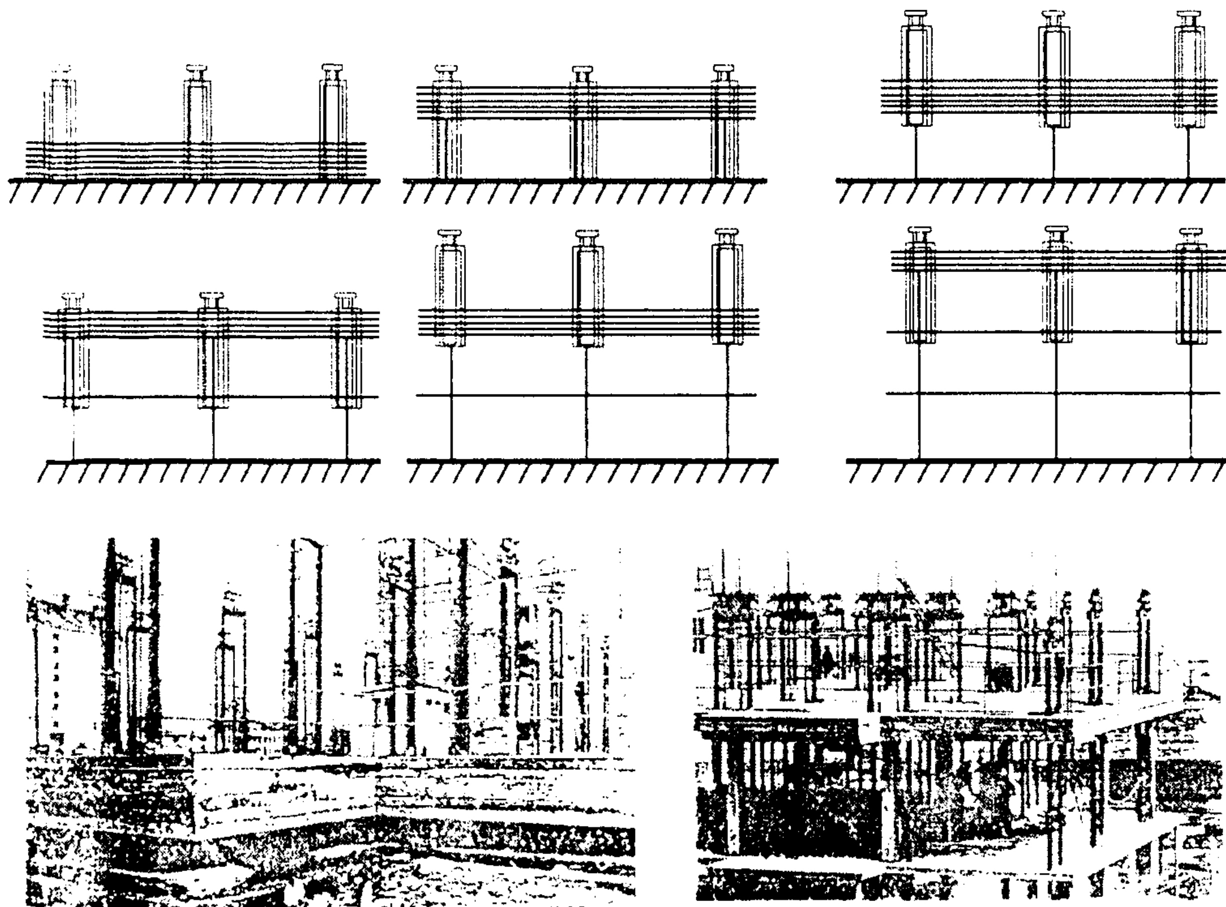



*Hình 3-55. Các loại kích nâng sàn*
*a- Kích cơ khí; b- Kích điện; c- Kích dầu*

Kết cấu chịu lực của loại nhà thi công theo phương pháp này là cột. Đối với nhà cao, người ta có thể kết hợp cả lồng cầu thang và thang máy cùng chịu lực với cột và các sàn tầng.

Trong phương pháp thi công này, cần trục được dùng để lắp cột, tháo lắp kích và vận chuyển vật liệu lên các tầng sàn đã nâng lên đến vị trí thiết kế và để lắp ghép các tấm tường ngoài của nhà.

Tuỳ theo khả năng sức nâng của cần trục mà có thể sản xuất cột cho từng tầng hoặc thông liền 4, 5 tầng của ngôi nhà; và cũng tuỳ theo sức chịu tải và độ mảnh của cột mà có thể tiến hành nâng sàn một đợt lên ngay vị trí thiết kế của chúng hoặc phải nâng nhiều đợt cố định tạm thời vào cột ở các cao trình trung gian trước khi chính thức nâng lên vị trí thiết kế để cố định vĩnh viễn.



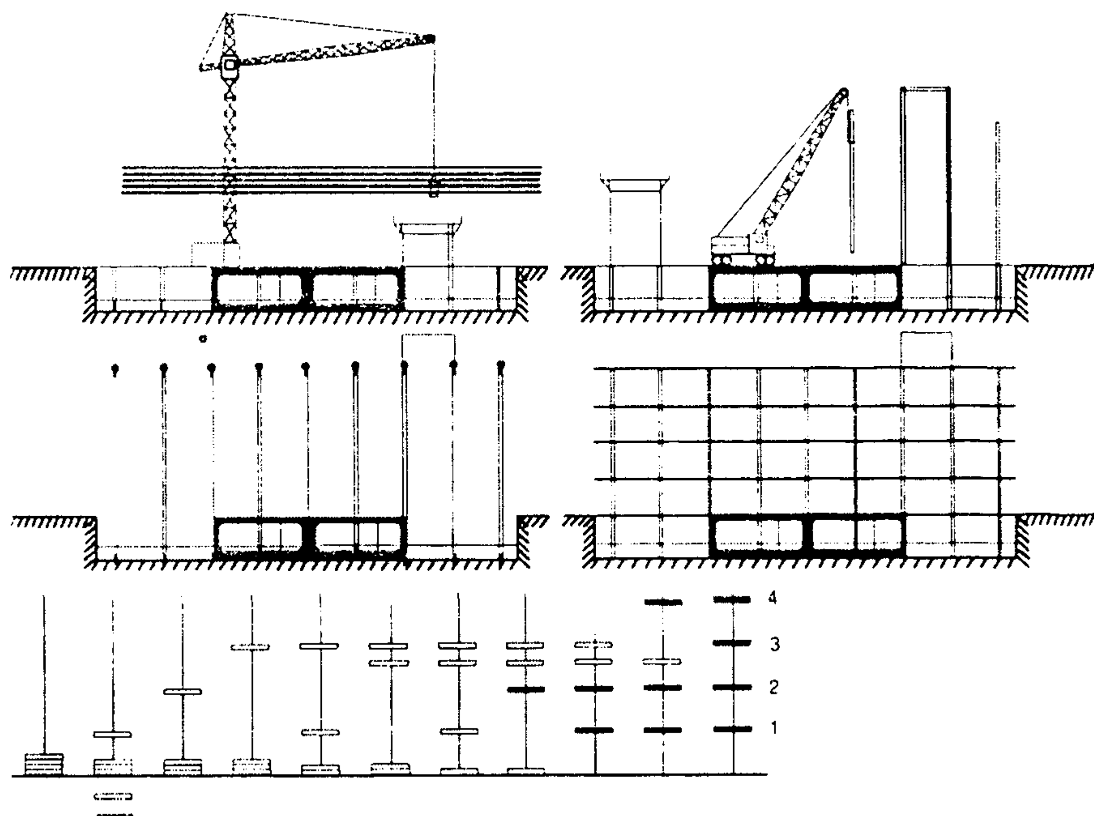
*Hình 3-56. Trình tự thi công theo phương pháp nâng sàn*

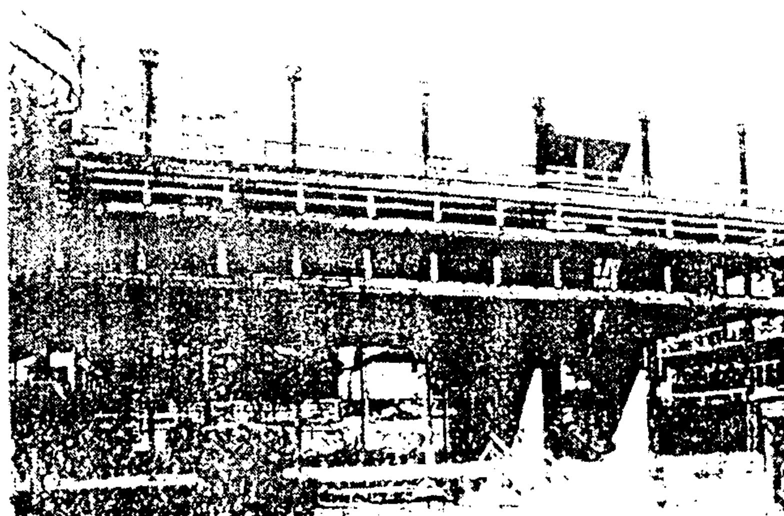
Cũng có nơi sử dụng cột và hệ thống giằng bằng thép để chịu toàn bộ lực dọc và ngang của nhà các tấm sàn chỉ như những tấm panen tấm lớn kích thích bằng một ô gian được đúc chồng lên nhau. Sau khi đã đúc song toàn bộ các tầng sàn, người ta dựng cột và giằng theo hệ dàn không gian bằng nguyên cả chiều cao và bề ngang của nhà. Sau đó, dùng tời nâng dần các tấm sàn đã đúc sẵn thành chồng của từng ô gian lên vị trí thiết kế của chúng và cố định vĩnh viễn vào các cột thép vừa dựng.

Ở Mỹ đã áp dụng phương pháp này để xây dựng nhà ở cao tới 15 tầng.

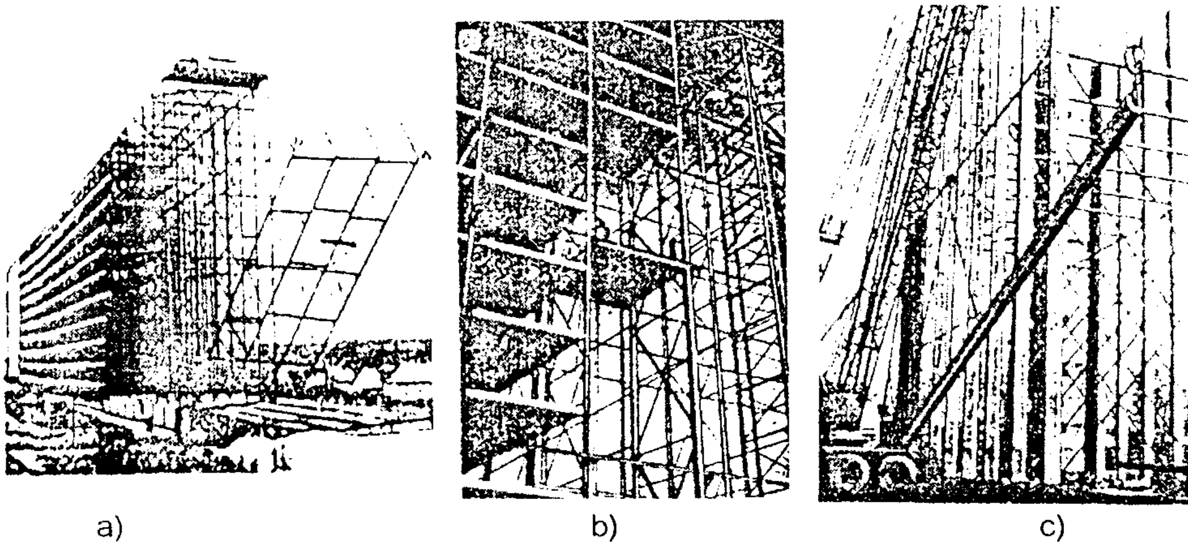
Thi công theo phương pháp nâng sàn có trường hợp cột là kết cấu chịu lực chủ yếu và được lắp ghép trước còn kích được đặt lên cột để kéo sàn. Song cũng có trường hợp tiến hành lắp ghép cột cùng với quá trình nâng sàn, khi đó tại mỗi vị trí của cột người ta dùng từ một đến hai cột

phụ bằng kim loại ở bên trên cột chính và lắp kích lên trên các loại cột phụ này. Các cột phụ này lại được lắp trên sàn mái, vì thế nó sẽ được nâng lên từng đợt theo các sàn tầng. Khi tất cả các sàn tầng đã được nâng lên vị trí thiết kế và được cố định vĩnh viễn thì các cột phụ này sẽ được tháo ra và hạ xuống (hình 3-55b)

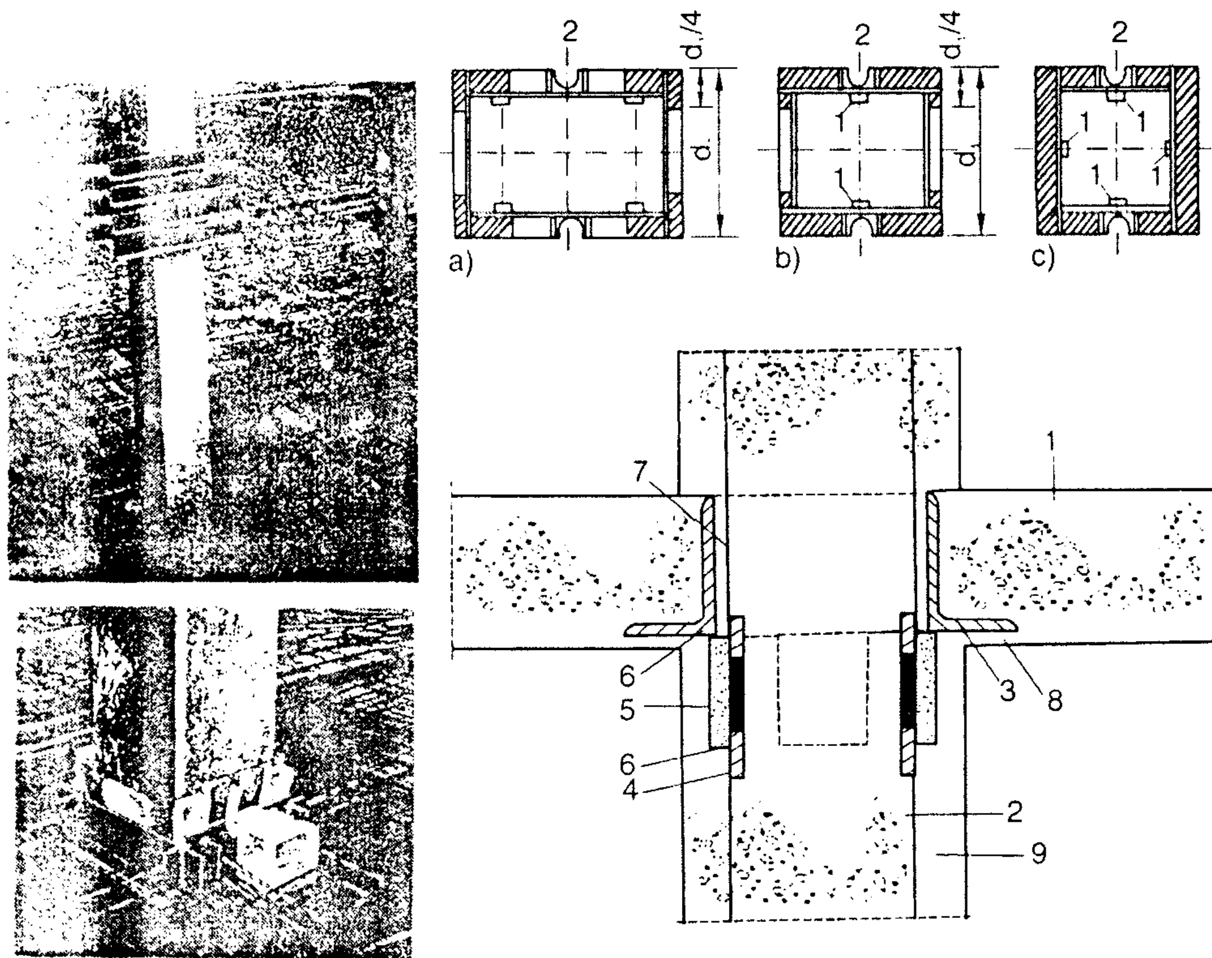


*Hình 3-57. Các kiểu nhà thi công theo phương pháp nâng sàn ở Liên Xô (cũ), Đức và Mỹ*




*Hình 3-58a. Thi công nâng sàn đối với nhà nhiều tầng khung thép (a và b). Thi công nâng sàn với cột bê tông cốt thép lắp ghép thông tầng (c).*

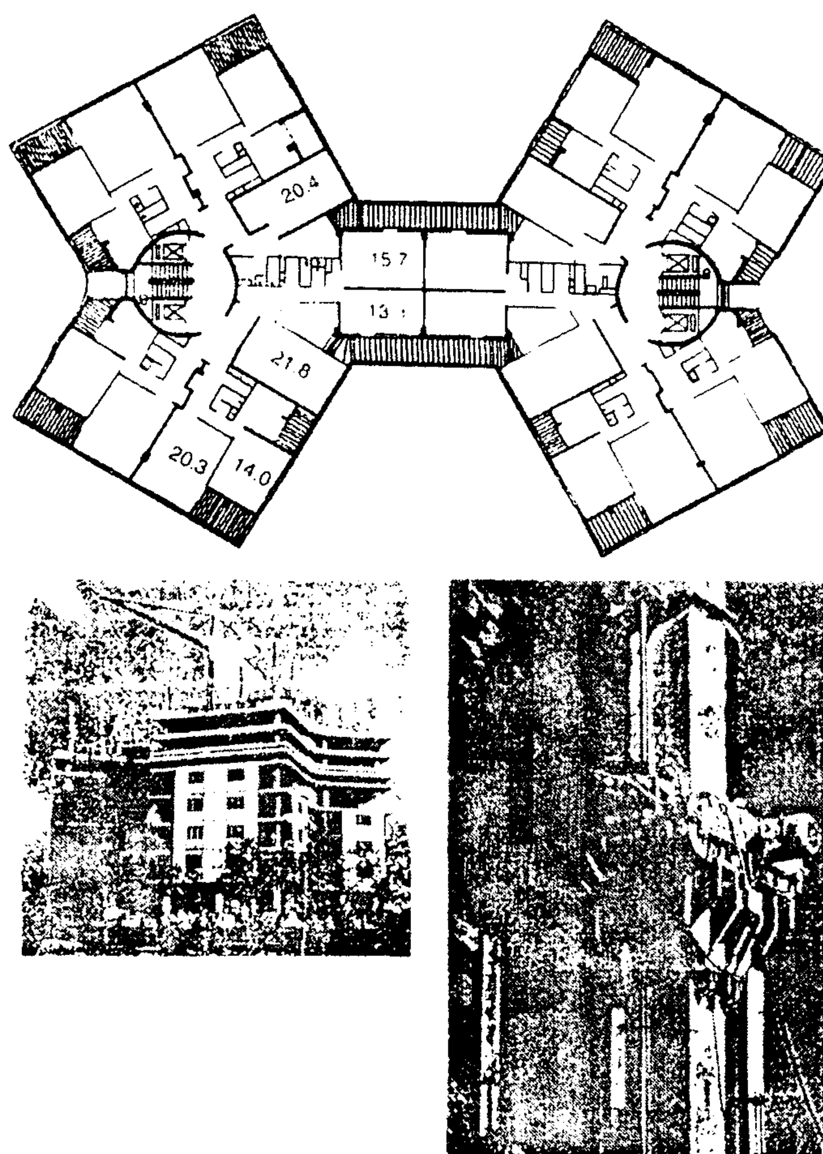



*Hình 3-58b. Chi tiết liên kết giữa cột và sàn.*

1. Tấm sàn; 2. Cột; 3,4. Các chi tiết thép đặt sẵn; 5. Bản thép tựa để lắp sàn; 6. Mối hàn; 7, 8. Lớp vữa bảo vệ chi tiết kim loại

## II. SỬ DỤNG KÍCH LEO CƠ ĐIỆN TRONG XÂY DỰNG NHÀ THEO PHƯƠNG PHÁP NÂNG TẦNG VÀ NÂNG SÀN

Như ta đã biết: sử dụng kích kéo trong phương pháp nâng sàn và nâng tầng phải đặt kích lên đỉnh cột, mà độ mảnh của cột lại ảnh hưởng rất lớn đến khả năng chịu tải của chúng vì vậy chiều dài của cột bị hạn chế nhiều. Do đó, phải phân chia cột thành nhiều đoạn ngắn làm cho số mối nối của cột tăng lên cùng với số tầng của công trình xây dựng. Mặt khác, cùng với việc tăng số lượng các đoạn cột thì số lần tháo kích, lắp kích và điều chỉnh từng chiếc và cả hệ thống kích cũng mất nhiều thời gian và gây ra những gián đoạn kỹ thuật trong quá trình thi công nâng lắp nhà.

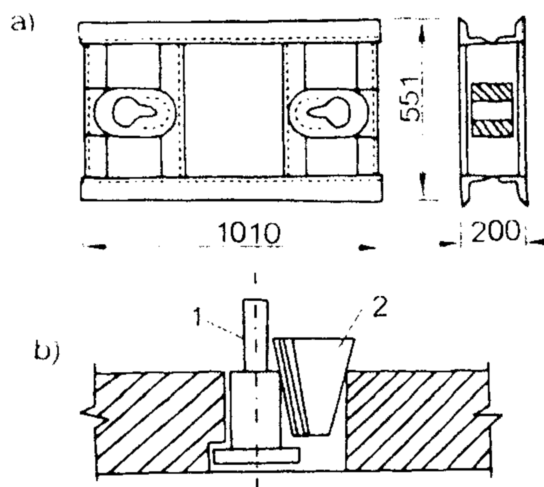



*Hình 3-59. Sử dụng kích leo cơ điện trong thi công nhà theo phương pháp nâng tầng*

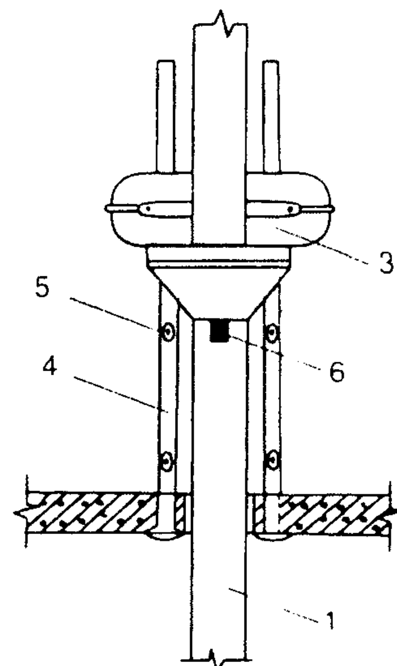
Để khắc phục tình trạng trên, người ta đưa vào sử dụng hệ thống kích cơ khí chạy điện thay thế hệ thống kích bơm dầu.

Kích cơ điện được ghép ôm vào thân cột. Nó có thể tự leo theo từng độ cao theo ý muốn. Công suất của kích leo cơ điện khoảng 3-3kW. Kích có sức nâng từ 40-80 tấn và có tốc độ nâng hạ là 4m/giờ. Trọng lượng bản thân của kích này khoảng 1 tấn (hình 3-59, 3-60, 3-61).

Dùng kích này thì độ mảnh thi công của cột sẽ rất nhỏ không ảnh hưởng đến sức chịu tải của cột, do đó người ta có thể bỏ hệ giằng đầu cột và đoạn cột đầu tiên có thể kéo dài đến 20m hoặc hơn nữa tuỳ thuộc vào khả năng lắp ghép của cần trục và khả năng vận chuyển của các phương tiện giao thông. Do không phải tháo kích ra để nối cột nên có thể thi công gần như liên tục trong suốt quá trình nâng.




*Hình 3-60. Chi tiết liên kết giữa thanh treo của kích và tấm sàn.*
*a. Vành tựa thép của sàn đúc; b. Cách liên kết thanh treo của kích vào tấm sàn.*
1. Ốc đầu thanh treo; 2. Nêm gỗ




**Hình 3-61.** *Nguyên lý cấu tạo của kích leo cơ điện*
1. Cột; 2. Sàn; 3. Bộ phận cơ khí chạy điện; 4. Thanh treo; 5. Khớp nối; 6. Chốt

## III. VẤN ĐỀ CHỐNG DÍNH GIỮA CÁC TẤM SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC CHỒNG

Vật liệu chống dính và biện pháp thi công lớp cách ly chống dính có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng bề mặt các tấm sàn, đến thời gian thi công và đặc biệt là đối với việc hoàn thiện mặt trần sau này.

Qua thực tế thi công ở nhiều nước, người ta đã đúc kết được những yêu cầu đối với lớp cách ly giữa các tấm sàn bê tông cốt thép đúc chồng như sau:

- Phải loại trừ được lực dính giữa lớp bê tông của sàn đúc trước và sàn đúc sau.

- Phải đủ bền để cho người đi lại, lắp đặt cốt thép và các chi tiết bên trên mà không bị hư hỏng.

- Phải chịu được tác dụng của thời tiết: mưa, nắng không hề làm hư hỏng, biến chất hay bị trôi bị bào mòn.



*Hình 3-62. Phun chất chống dính giữa các tấm sàn bê tông cốt thép đúc chồng.*

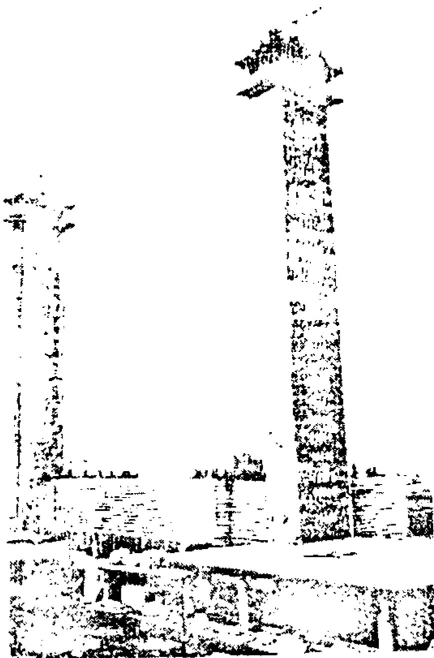
- Phải bảo đảm cho bê tông ninh kết bình thường, không hút nước của bê tông mà còn có thể giữ cho bê tông không bị mất nước.

- Không làm gỉ thép, không làm ảnh hưởng đến sự dính kết giữa bê tông và thép.

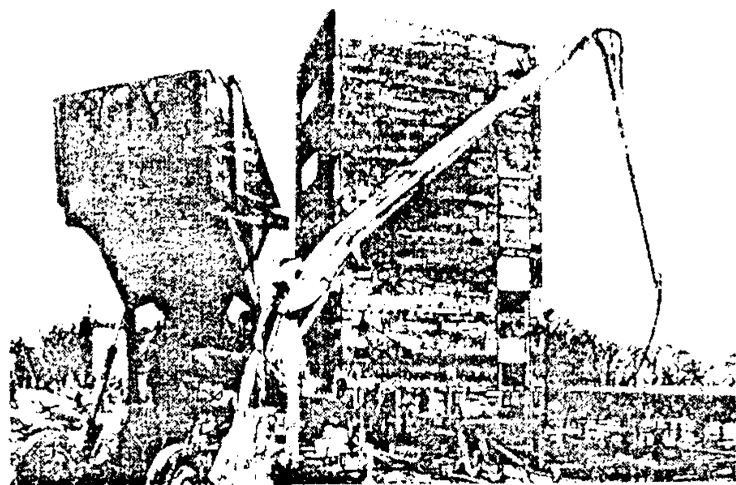
- Dễ bóc khỏi mặt trần và không tạo ra những vết dầu mỡ, đảm bảo các lớp vật liệu trang trí hoàn thiện bám dính tốt với trần.

- Thời gian gián đoạn kỹ thuật trong thi công các tấm sàn không dài.

Trong thực tế, người ta đã dùng nhiều loại vật liệu để chống dính giữa 2 lớp sàn bê tông đúc chồng như: paraphin, nhũ tương ben tô nít, màng mỏng pôliêtilen, giấy vỏ bao xi măng, tấm vỏ bào ép... Các vật liệu này đảm bảo được việc cách ly các lớp sàn đúc chồng, nhưng những yêu cầu khác thì không hoàn toàn tốt. Vì vậy, nó cũng ít nhiều gây khó khăn, tốn kém và kéo dài trong công tác hoàn thiện sau này.



*Hình 3-63. Thi công kết hợp phương pháp nâng sàn và lõi thang máy.*



*Hình 3-64. Đổ bê tông các tấm sàn đúc chồng bằng máy bơm bê tông*

Qua nghiên cứu người ta đã tìm ra chất ê-ti-nôn làm vật liệu cách ly chống dính đáp ứng được các yêu cầu đề ra. Biện pháp thi công lớp cách ly này như sau: Trước tiên phun lên bề mặt bê tông sàn mới đúc một lớp nhựa ê-ti-nôn mỏng 0,5mm, màng ê-ti-nôn này sẽ ngăn nước trong bê tông mới đổ khỏi bốc hơi, đảm bảo cho bê tông ninh kết bình thường mà không cần tưới nước dưỡng hộ; Sau độ 2 đến 3 giờ người ta lại phun lên tiếp một lớp nước vôi pha lẫn keo ca-dê-in dầy 1,5-2mm để tạo thành một lớp phấn cách ly; và khi lớp vôi này khô cứng thì có thể tiếp tục đúc tấm sàn bê tông mới lên trên lớp sàn cũ.

Vật liệu cần thiết chống dính cho $100m^2$ mặt tấm sàn bê tông là 23kg vôi, 2,5kg muối ăn và 90 lít nước.

## IV. THI CÔNG LÕI CỨNG CỦA NHÀ XÂY DỰNG THEO PHƯƠNG PHÁP NÂNG TẦNG

Thông thường thi công lõi cứng sử dụng làm lồng cầu thang hoặc thang máy của nhà xây dựng theo phương pháp nâng tầng hoặc nâng sàn thì có thể sử dụng giàn giáo thông thường với ván khuôn luân lưu hoặc cốp pha trượt giống như trường hợp thi công ống khói hoặc xiclon. Song, thi công theo phương pháp sử dụng ván khuôn và giàn giáo thường rất tốn vật liệu, nhân công và thời gian thi công sẽ kéo dài đáng kể; còn dùng cốp pha trượt thì lại đòi hỏi có thiết bị, công cụ và đội ngũ công nhân cán bộ kỹ thuật chuyên dùng không phải lúc nào và ở đâu cũng có, mặt khác khối lượng thi công lại không nhiều nên cũng không kinh tế. Do đó, một số nước đề xuất lợi dụng ngay các thiết bị thi công nâng tầng để thi công lõi cứng của loại nhà này ngay trên các tấm sàn mái. Thi công theo phương pháp mới này không cần bắc giàn giáo, không cần có thiết bị gì khác bổ sung ngoài số kích và thanh kéo dùng để nâng tầng hoặc nâng sàn mà chỉ cần 1 bộ cốp pha luân lưu đủ cho 2 mặt của 1 tầng lõi cứng đó.

### 1. Phương pháp thi công

Phương pháp thi công cụ thể như sau:

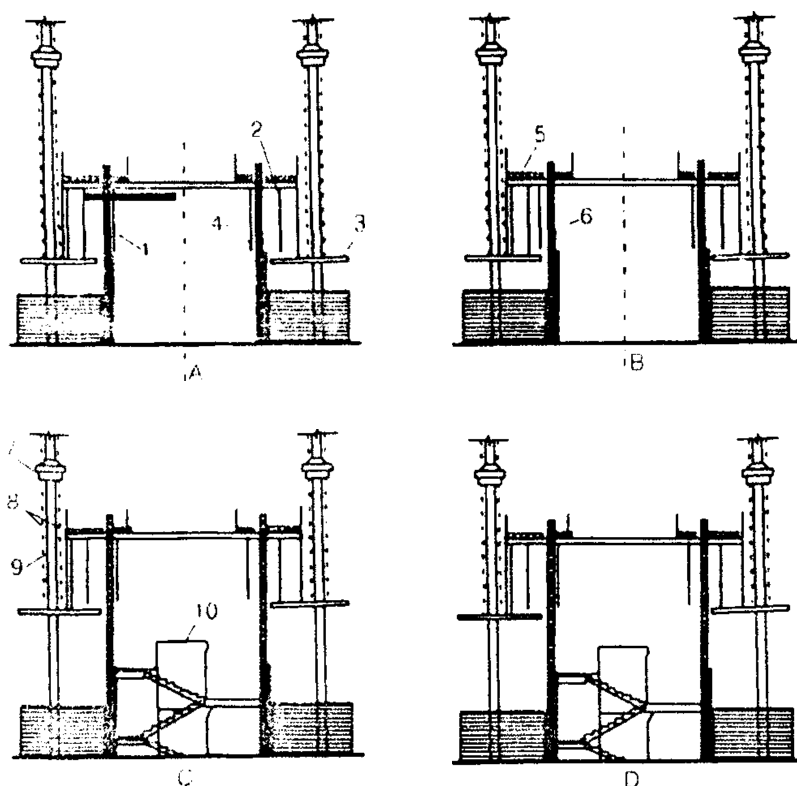
Phần dưới từ cốt chồng sàn và mái đã đổ bê tông người ta thi công lõi cứng theo cách thông thường. Sau đó, lợi dụng ngay quá trình nâng

tấm mái để thi công lõi cứng. Khi đó tấm mái như trong tư thế treo vào các cột nhà được làm chỗ tựa cho sàn công tác ghép cốp pha trong cốp pha ngoài và đổ bê tông. Cốp pha để đổ bê tông các lõi cứng này là cốp pha luân lưu bằng kim loại.

**2. Trình tự thi công**

Trình tự thi công được tóm tắt như sau: Ban đầu tấm cốp pha trong (1) được đặt đúng vị trí của nó, còn tấm cốp pha ngoài (2) cho chuyển dịch ra phía ngoài để lấy chỗ thao tác lắp đặt cốt thép cho tường lõi cứng (4), lúc này người thợ sẽ đứng trên sàn công tác (3) để thi công.

Sau khi đã hoàn thành công tác cốt thép, người ta lại dịch chuyển tấm cốp pha ngoài vào, trở lại đúng vị trí của nó; rồi từ sàn công tác (5) ở bên trên tiến hành đổ bê tông xuống lõi cứng (6).




*Hình 3-65. Thi công cầu thang nhà nâng tầng*

1. Cốp pha trong; 2. Cốp pha ngoài; 3. Tấm mái; 4. Cốt thép; 5. Sàn công tác;

Khi bê tông đã ninh kết và đủ cường độ thì tháo dỡ ván khuôn và dùng kích nâng tầng (7) với các thanh kéo (8) đặt tại đỉnh của các cột (9) để nâng tấm mái và toàn bộ hệ thống cốp pha luân lưu lên cao trình trên. Tại đó, tấm mái được cố định tạm thời vào cột và tiếp sau đó quá trình lại lặp lại đúng như trình tự đã làm (hình 2.65).

Theo phương pháp thi công này thì song song với việc làm ván khuôn, cốt thép, đổ bê tông lõi cứng, người ta vẫn có thể làm cầu thang và các công việc của thang máy ở cao trình thấp hơn độ 1,2 tầng nhà, do vậy sẽ rút ngắn được thời gian xây dựng.

**3. Ưu điểm của phương pháp**

Phương pháp này có các ưu điểm nổi bật như sau:

- Không đòi hỏi thêm bất cứ một loại thiết bị đặc biệt nào và cũng không đòi hỏi phải có một loại thợ chuyên nghiệp nào khác;

- Các công việc đều được tiến hành trên sàn bê tông mái rất vững chắc, thuận tiện và an toàn;

- Sai số thi công ít vì khe hở giữa cột và tấm sàn tấm mái chỉ trong giới hạn cho phép là 10mm.

# Chương IV

# THI CÔNG BÊ TÔNG TOÀN KHỐI BẰNG CÔNG NGHỆ CỐP PHA TRƯỢT

## I. VÀI NÉT VỀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỐP PHA TRƯỢT Ở VIỆT NAM VÀ TRÊN THẾ GIỚI.

Năm 1903 công nghệ thi công bê tông bằng cốp pha trượt được tiến hành lần đầu tiên ở Mỹ: đổ bê tông xi-lô. Sau Mỹ là Liên Xô (1924), Đức (1931), Rumania đã áp dụng công nghệ này cho nhiều công trình khác nhau như đập nước, ống khói, tháp nước, hải đăng...

Sau Đại chiến thế giới lần thứ hai, người ta đã áp dụng công nghệ này vào việc xây dựng các công trình dân dụng cao tầng như khách sạn, bệnh viện, nhà ở. Công nghệ cốp pha trượt ngày càng được hoàn thiện. Nó không chỉ là một công nghệ độc lập mà còn là một công nghệ tiên tiến kết hợp với các phương pháp xây dựng khác để thi công các công trình cao.

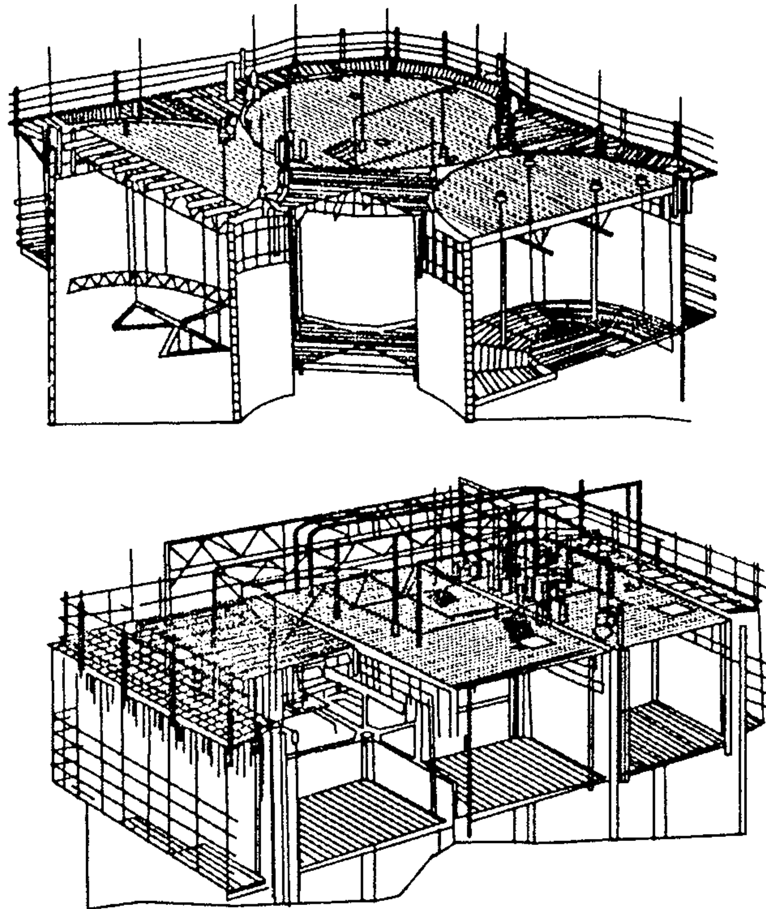
Tại Việt Nam thi công bê tông toàn khối bằng công nghệ cốp pha trượt được sử dụng đầu tiên để xây dựng Nhà máy nhiệt điện Ninh Bình. Thiết bị do Trung Quốc chế tạo theo kiểu dáng của Rumania.

Sau khi xây dựng xong ống khói ở Ninh Bình, Bộ Xây dựng đã nâng đơn vị thi công này thành Công ty Xây dựng số 9 có nhiệm vụ chuyên xây dựng các công trình bằng cốp pha trượt.

Sau năm 1975 Công ty Xây dựng số 9 đã thi công nhiều công trình như: ống khói Nhà máy nhiệt điện Phả Lại (130m) ống khói Nhà máy bê tông Đạo Tú, trụ sở Tổng công ty Xi măng, xi-lô Nhà máy xi măng Hoàng Thạch.

Do trang thiết bị nghèo nàn, chủ yếu sử dụng các trang thiết bị từ thời xây dựng Nhà máy nhiệt điện Ninh Bình và có chỉnh trang chút ít, nên chất lượng công trình nhìn chung chưa cao.

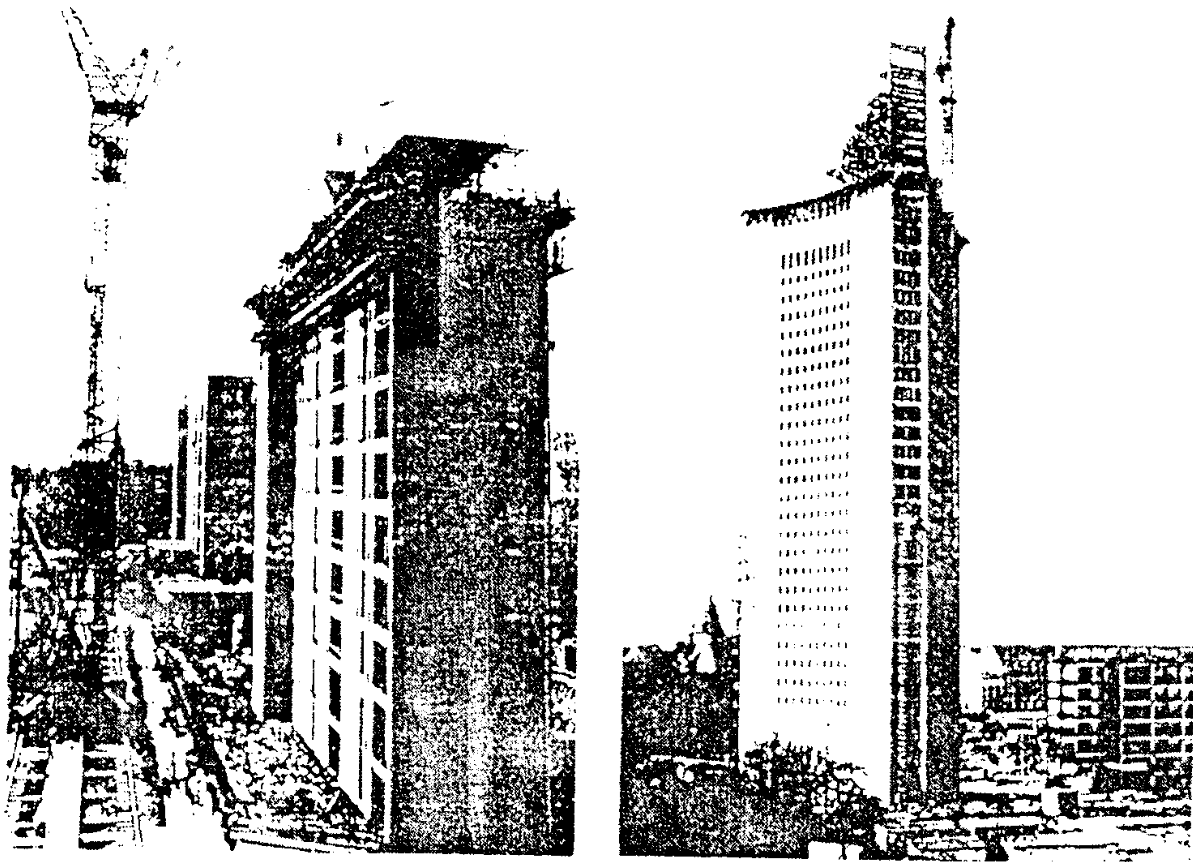
Vì Công ty không có các trang thiết bị kiểm tra hiện đại, nên khó đảm bảo độ thẳng đứng và đồng tâm của công trình. Mặt khác, công việc trượt lại không thường xuyên, nên Công ty phải đa dạng hoá công việc để tồn tại.



*Hình 3-66. Hình vẽ mô tả kết cấu của hệ cốp pha trượt được lắp dựng cho thi công xi-lô tròn và xi-lô chữ nhật*

## II. ĐẶC ĐIỂM CỦA CÔNG NGHỆ THI CÔNG SỬ DỤNG CỐP PHA TRƯỢT

Phương pháp thi công sử dụng công nghệ cốp pha trượt là một phương pháp được thực hiện theo một quy trình công nghệ rất chặt chẽ và có tổ chức cao, thể hiện đầy đủ và rõ nét các đặc trưng của phương pháp thi công theo dây chuyền trong xây dựng.



*Hình 3-67. Các công trình được xây dựng theo công nghệ thi công cốp pha trượt.*

Sử dụng cốp pha trượt đạt được hiệu quả cao theo xu hướng công nghiệp hoá, bởi vì nó đã tổ chức được dây chuyền liên hoàn tốc độ cao, tương tự như dây chuyền công nghệ trong các phân xưởng của nhà máy.

Cốp pha trượt là loại cốp pha di chuyển lên cao. Đặc trưng cơ bản của cốp pha loại này là việc nâng chuyển cốp pha được tiến hành liên tục trong suốt quá trình đổ bê tông cho đến hết chiều cao công trình. Thi công sử dụng cốp pha trượt không cho phép sử dụng đồng thời với bất kỳ một loại ván khuôn cố định hay luân lưu nào khác.

Việc lắp dựng cốt thép trong cốp pha trượt và việc đổ bê tông kết cấu được tiến hành liên tục đồng thời với việc trượt của cốp pha. Chiều cao của các tấm cốp pha trượt thường chỉ từ 1,0-1,2m. Hệ cốp pha này kể cả sàn công tác được tỳ vào chính kết cấu của công trình để tự nâng lên.

Các kết cấu được áp dụng để thi công bằng cốp pha trượt có thể là các loại tháp cao, ống khói, xi-lô, tường, vách cứng lõi cầu thang, cột.

Trong quá trình thi công theo phương pháp này yêu cầu phải đổ bê tông liên tục để không có mạch ngừng, do đó công tác cốt thép phải tiến hành đồng bộ kịp thời; cốp pha trượt liên tục không được gián đoạn. Vì thế việc tổ chức lao động trên hiện trường phải rất khoa học và chính xác đối với mỗi bộ phận cũng như toàn bộ quá trình thi công.

Cốp pha trượt là một thiết bị hoàn chỉnh, cấu trúc phức tạp, khi trượt phải tuân thủ nghiêm ngặt tốc độ nâng để đảm bảo cho bê tông thực hiện quá trình đông cứng trong ván khuôn theo yêu cầu quy định, không để cho bê tông bị tách lớp đồng thời cũng không được để bê tông sụt xuống gây nguy hại và phá hỏng công trình. Tuy có những đòi hỏi về kỹ thuật và tổ chức cao như vậy nhưng do phương pháp thi công này tiết kiệm được rất nhiều giàn giáo và ván khuôn, cột chống nên công nghệ này đã được sử dụng rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực của ngành xây dựng ở khắp mọi châu lục.

## III. THIẾT BỊ CỦA CỐP PHA TRƯỢT

Thiết bị cốp pha trượt bao gồm 3 bộ phận chủ yếu:

(1) Các tấm cốp pha trượt trong và ngoài;

(2) Hệ thống sàn nâng.

(3) Hệ thống nâng trượt: khung kích, thanh trụ kích và kích.

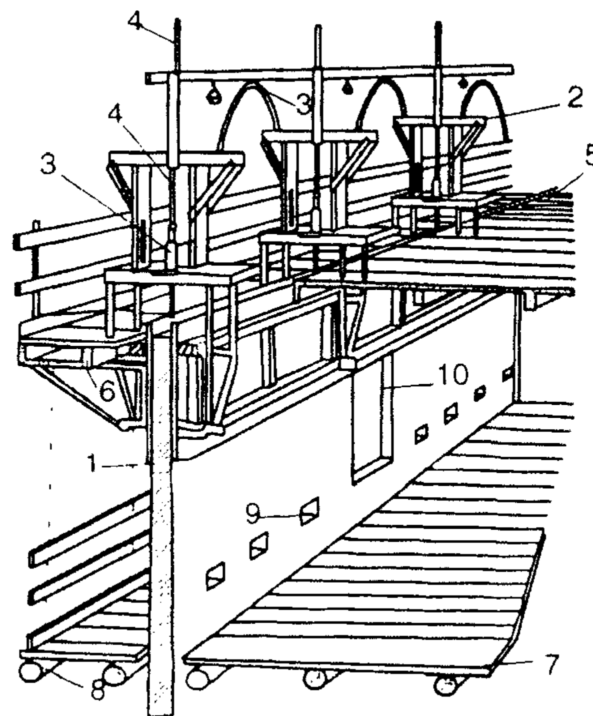
Mảng cốp pha trượt có chiều cao không lớn, thông thường là từ 1,0 đến 1,2 m cá biệt có thể đến 2m. Cốp pha được ghép bao quanh bề mặt kết cấu trên toàn bộ tiết diện ngang của công trình.

Khung kích được làm bằng gỗ hay kim loại. Nó có nhiệm vụ liên kết giữ cho các tấm cốp pha ép sát vào kết cấu và không bị biến dạng khi có lực xô ngang. Khung kích có dạng hình chữ Π. Khi khung kích được nâng lên sẽ kéo theo các mảng cốp pha trượt. Khoảng cách các khung kích xác định theo tính toán nhưng thường là khoảng 1,5 đến 2,0m.

Hệ khung kích có nhiệm vụ tiếp nhận toàn bộ các tải trọng của cốp pha, kích, sàn nâng, các tải trọng của vữa bê tông và các tải trọng trong quá trình thi công. Thanh trụ kích làm nhiệm vụ tỳ kích và tiếp nhận toàn bộ tải trọng tác động từ khung kích và truyền lực xuống kết cấu bê tông.

Thanh trụ kích làm bằng thép kích thước thường là $\phi$ 25÷50mm có thể dài đến 6m một đầu được chôn sâu ngầm chặt trong bê tông, đầu kia xuyên qua lỗ tỳ kích. Thanh trụ kích có thể nằm lại hoặc rút ra khỏi kết cấu sau khi thi công.

Hệ thống nâng thông thường hiện nay là kích thuỷ lực. Nhờ áp lực dầu kích nâng đưa toàn bộ kết cấu cốp pha và sàn nâng trượt lên trên dọc theo các thanh trụ kích.




***Hình 3-68.*** *Sơ đồ kết cấu cốp pha trượt.*

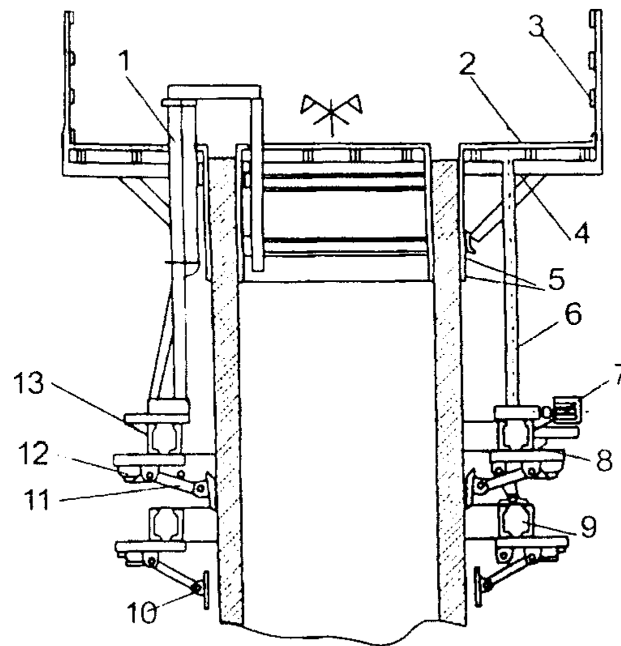
1. Tấm cốp pha trượt; 2. Khung kích; 3. Cơ cấu nâng kích;
4. Thanh trụ kích; 5. Sàn thao tác trong; 6. Sàn thao tác ngoài;
7. Sàn treo trong; 8. Sàn treo ngoài; 9. Lỗ chừa để thi công sàn;
10. Lỗ cửa sổ hoặc cửa đi.

Hệ thống sàn nâng dùng để thực hiện các thao tác trong quá trình thi công. Nó thường được bố trí ở 2 cao trình: Cao trình trên liên kết trực tiếp vào mảng cốp pha và được gọi là sàn thao tác; còn cao trình dưới được liên kết với sàn thao tác trên bởi xích hoặc dây treo và gọi là sàn treo. Sàn thao tác dùng để chứa vật liệu, lắp dựng cốt thép, vận chuyển và đổ bê tông, lắp khuôn cửa hoặc dịch chuyển cốp pha nếu cần; còn sàn

treo thì dùng để kiểm tra chất lượng bê tông, hoàn thiện mặt ngoài và tháo dỡ hộp khuôn các lỗ nếu có (hình 3-68).

Ở Liên Xô, người ta đã sử dụng loại cốp pha trượt cải tiến không cần dùng đến thanh trụ kích để thi công các công trình xây dựng.

Nguyên lý của phương pháp này là sử dụng các cơ cấu tạo nên lực đạp ma sát vào chính bề mặt bê tông đã ninh kết của công trình thông qua các má guốc (hình 3-69). Hoạt động theo nguyên lý này yêu cầu các khung phải liên kết cứng với nhau và phải có một khoảng cách nhất định so với mép tường để đảm bảo hoạt động dễ dàng của cơ cấu nâng này, đồng thời không gây nên hư hỏng và biến dạng do má guốc tỳ lên mặt bê tông vừa đông kết.




*Hình 3-69. Cốp pha trượt không dùng thanh trụ kích.*

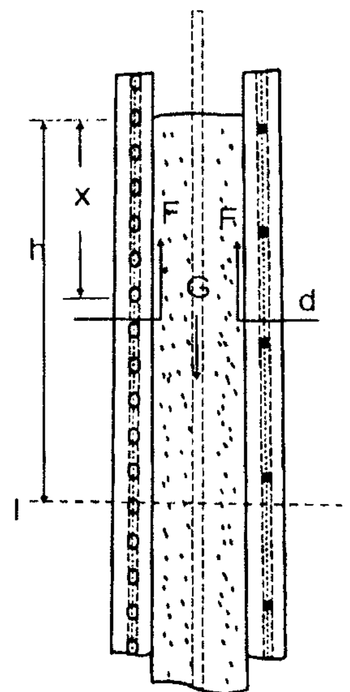
1. Trụ gia cường của sàn và cốp pha; 2. Sàn thao tác; 3. Lan can bảo vệ; 4. Dầm treo; 5. Tấm cốp pha; 6. Trục vít nâng; 7. Động cơ nâng; 8. Khung đỡ trên; 9. Khung đỡ dưới; 10. Tấm gối đệm; 11. Tay đòn; 12. Bộ phận đệm đàn hồi; 13. Tấm cứng.

## IV. TÍNH TOÁN VÁN KHUÔN TRƯỢT

**1. Tính toán chiều dày tối thiểu của kết cấu khi sử dụng phương pháp thi công bằng cốp pha trượt.**

Thi công theo phương pháp sử dụng cốp pha trượt thì trong quá trình trượt sẽ xuất hiện lực ma sát giữa thành cốp pha và bê tông. Độ lớn của lực ma sát phụ thuộc chủ yếu vào vật liệu làm mặt cốp pha và độ dính bám của vữa bê tông lên bề mặt ván.

Theo tính toán thì lực ma sát này có trị số lớn hơn nhiều trọng lượng của toàn hệ cốp pha, vì vậy một vấn đề rất quan trọng của công nghệ thi công cốp pha trượt là phải khắc phục lực cản ma sát này. Sự phá huỷ của bê tông trong cốp pha trượt có thể xảy ra tại tiết diện bất kỳ nào khi có xuất hiện lực ma sát F. Lực ma sát này có xu hướng nâng bứt bê tông lên và nếu có giá trị lớn hơn so với trọng lượng bê tông thì bê tông sẽ bị kéo lên gây nứt ngang (hình 3-70).




*Hình 3-70. Minh hoạ cho việc tính toán chiều dày $d_{min}$*

Trong thực tế cốp pha thường có cấu tạo độ vát hình côn nên sự phá huỷ của bê tông thường chỉ xảy ra ở chỗ có khe hở giữa bê tông và ván khuôn tại mặt cắt I-I, lực ma sát chỉ xuất hiện đoạn phía trên mặt cắt I-I.

Muốn cho bê tông không bị nứt ngang tức là trọng lượng bê tông G cần phải đủ lớn để thắng được lực ma sát F.

Trọng lượng bê tông lại phụ thuộc chủ yếu vào chiều dày kết cấu, do đó nếu tường đổ bê tông càng dày thì xác suất phá hoại do nứt ngang càng ít. Nguyên nhân chủ yếu của hiện tượng này là do bê tông mới đổ còn chưa đủ khả năng chịu kéo và sự dính kết của bê tông và thép chưa hình thành. Để bê tông mới đổ không bị nâng kéo lên theo cốp pha cần phải đảm bảo điều kiện $G \geq 2F$.

Để nghiên cứu kỹ hơn, hãy làm ví dụ tính toán một đoạn cốp pha tường có chiều dài 1m, phạm vi xuất hiện lực ma sát F có chiều cao là h, dung trọng của bê tông là $\gamma_o$, chiều dày của tường là d, ta có:

$$G = \gamma_o hd = 2400\ hd\ (daN)$$

Như trên đã trình bày lực ma sát gây nứt ngang xuất hiện ở nơi tiết diện hoặc sự làm việc bị giảm yếu nơi có lực dính lớn, do đó bất đẳng thức $G \geq 2F$ có thể quan niệm theo 2 cách:

(1) Có thể coi h là chiều cao xuất hiện lực ma sát;

(2) Có thể coi h là chiều dày lớp đổ bê tông trên cùng.

+ Theo quan niệm thứ nhất (tính toán đối với ván khuôn thép):

Lực ma sát giữa ván khuôn thép và bê tông là $1,5 \div 3\ kN/m^2$

Ta có: $2400.h.d \geq 2.150.h$

$$d \geq 0,125m$$

Như vậy chiều dầy tối thiểu $d_{min} \geq 12cm$

+ Theo quan niệm thứ hai: Lực ma sát F phụ thuộc vào lực đẩy ngang của vữa bê tông lên thành cốp pha trượt:

$$F = f.P = f\left(\frac{\gamma_o h^2}{2}\right)$$

Giải ra ta có : $\gamma_o hd \geq \gamma_o fh^2$

$$d \geq fh\ (cm)$$

Ta có quan hệ giữa $d_{min}$ (chiều dày tối thiểu của kết cấu) với h (chiều dầy lớp đổ bê tông) và (hệ số ma sát) f như sau:

| **h (cm)** | **f** | **$d_{min}$ (cm)** |
|---|---|---|
| 20 | 0,6 | 12 |
| | 0,4 | 8 |
| 30 | 0,6 | 18 |
| | 0,4 | 12 |
| 30 | 0,37 | 11,1 |
| | 0,83 | 26 |

Trong thực tế độ dày tối thiểu của tường không chỉ phụ thuộc vào dung trọng của bê tông, hệ số ma sát của ván khuôn và chiều dày lớp đổ

mà nó còn phụ thuộc vào nhiệt độ không khí, môi trường, thành phần cấp phối bê tông.

Để đảm bảo an toàn thường người ta lấy $d_{min}$ lớn hơn 12cm.

Thí dụ: Theo quy phạm Liên Xô (cũ) trong các kết cấu bê tông cốt thép thông thường nếu tính toán $d_{min} \geq 12$cm người ta thường lấy $d \geq 15$cm, ở Đức quy định $d_{min} \geq 14$cm. Trung Quốc $d_{min} \geq 15$cm.

Tuy nhiên nếu áp dụng những biện pháp đặc biệt trong thi công thì cũng có thể làm mỏng hơn. Ví dụ: ở Anh xây dựng thân tháp nước chiều dày 10cm; hay ở Pháp xây dựng xi-lô chiều dày 9cm bằng ván khuôn trượt.

Trường hợp tính toán đối với cột hoặc các loại cấu kiện khác thì cũng có thể dùng những công thức trên để xác định kích thước tối thiểu của tiết diện.

Ví dụ: đối với cột hình vuông a×a.

$$G = a^2.h.2400$$

$$F = f.4a.h = 150.4a.h = 600a.h$$

Điều kiện: $G \geq F$

Từ đó rút ra : $a_{min} \geq 0,25m$

Đối với tiết diện hình chữ nhật a×b:

$$G = a.b.h.2400$$

$$F = 150.2(a+b).h$$

Rút ra: $\frac{ab}{2(a+b)} \geq 0,0625$

Theo Rumania và Trung Quốc kích thước tối thiểu của cột thi công bằng cốp pha trượt không nên lấy nhỏ hơn 30cm.

**2. Các tải trọng tác dụng lên hệ cốp pha trượt:**

Tải trọng tác dụng lên hệ cốp pha trượt thể hiện trong bảng sau:

*Tải trọng tác dụng lên hệ cốp pha trượt*

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Tải trọng cơ bản | Tải trọng thường xuyên (tải trọng bản thân) | Trọng lượng bản thân các bộ phận tính toán<br>- Trọng lượng bản thân các bộ phận và chi tiết mà các bộ phận tính toán trên phải mang. |
| | Hoạt tải tính toán (dài hạn) | - Áp lực ngang của vữa bê tông khi đổ và đầm.<br>- Lực ma sát giữ bê tông và cốp pha<br>- Tải trọng do người và dụng cụ..<br>- Tải trọng vật liệu.<br>- Tải trọng máy móc thiết bị. |
| | Tải trọng bổ sung (ngắn hạn) | - Tải trọng phân bố tập trung của người.<br>- Tải trọng phân bố tập trung vật liệu.<br>- Tải trọng động khi bốc xếp vật liệu. |
| Tải trọng ngẫu nhiên | Tải trọng ngẫu nhiên | - Tải trọng gió.<br>- Lực dính giữa bê tông và cốp pha (phát sinh do ngừng trượt).<br>- Phần lực ma sát tăng thêm (phát sinh do các hiện tượng hư hỏng).<br>- Tải trọng sinh ra do kích bị hư hỏng (trượt kích). |
| | Tải trọng đặc biệt nguy hiểm | - Tải trọng sinh ra do một bộ phận kích bị hư hỏng.<br>- Hai kích liền nhau bị hư hỏng. |

***a. Tính toán áp lực ngang của vữa bê tông lên cốp pha:***

Việc tính toán đại lượng này rất phức tạp bởi nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như:

+ Tốc độ trượt.

+ Độ linh động và nhiệt độ của vữa bê tông.

+ Chiều dầy của mỗi lớp đổ.

+ Phương pháp đầm bê tông.

+ Chiều cao của phần bê tông được ép giữ trong cốp pha.

+ Loại xi măng và thời gian đông kết của vữa xi măng.

+ Chiều dầy kết cấu.

Tuỳ theo mỗi loại công trình, mỗi loại cốp pha và từng giai đoạn thi công những yếu tố trên thay đổi trong một phạm vi khá rộng nên việc xác định chính xác giá trị này rất khó khăn.

Trên thế giới người ta đã áp dụng một số cách tính toán sau đây để xác định áp lực ngang của vữa bê tông lên ván khuôn trượt.

*(1) Theo Nenning*

Lực đẩy ngang của bê tông nhão lên cốp pha khi bắt đầu trượt có dạng hình parabol.

Áp lực ngang tối đa hay còn gọi là áp lực ngang đơn vị lớn nhất:

$$p_{max} = 550 \text{ daN/m}^2$$

Lực đẩy ngang tổng cộng :

$$P_H = \frac{2}{3}\gamma a^2 = \frac{2}{3} \times 2400 \times \overline{0,5}^2 = 400 \text{ daN/m}$$

Trong đó

$\gamma$: dung trọng của bê tông đã được đầm chặt ($\gamma$ = 2400 kg/m$^3$)

a = V.t (m) - chiều cao của phần bê tông đang đông kết.

V - tốc độ trượt.

t - thời gian đông kết của bê tông.

Nếu tính toán với chiều cao đổ bê tông bình thường là 0,08m thì ta sẽ có lực đẩy ngang tổng cộng:

$$P_H = 320 \text{ daN/m}$$

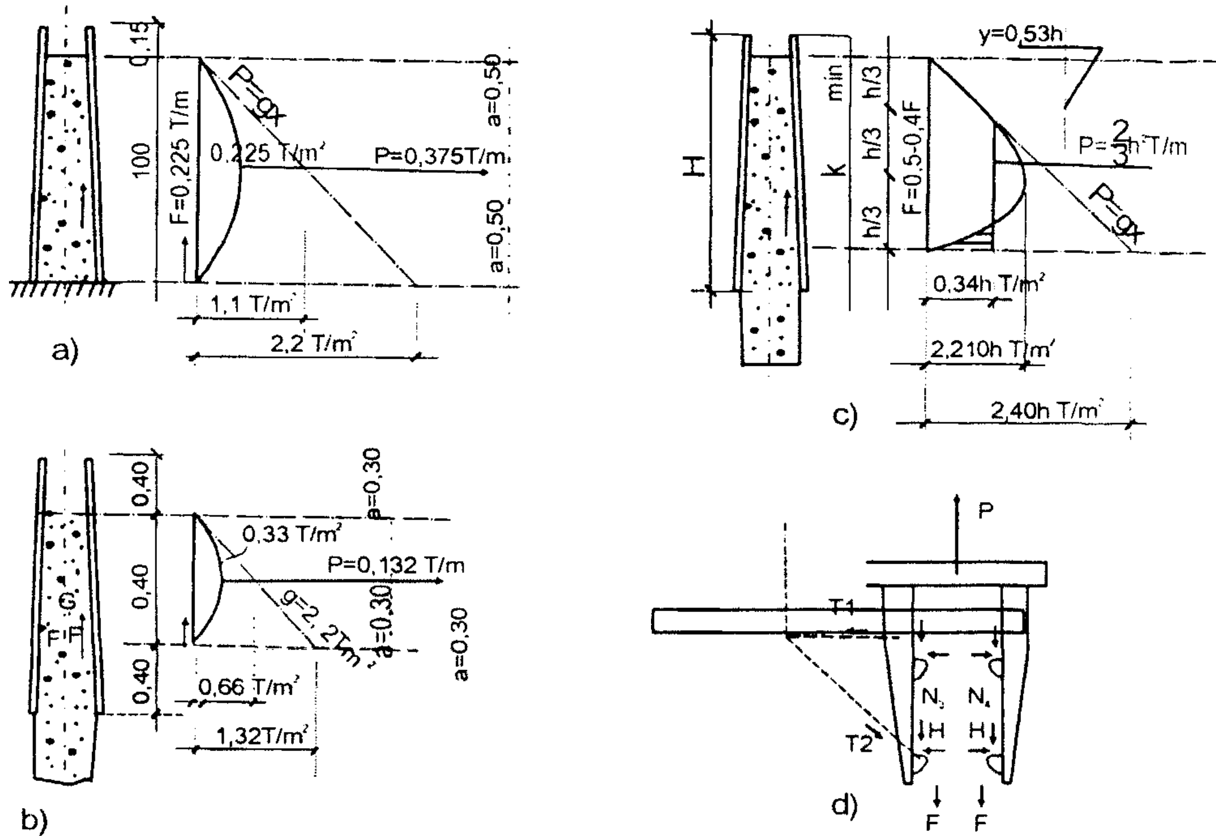
- Hệ số ma sát giữa bê tông và cốp pha gỗ là f = 0,6 lúc đó lực ma sát đối với cốp pha gỗ:

$$F = 0,6 \times 320 = 192 \text{ daN/m}$$

- Hệ số ma sát giữa bê tông và cốp pha thép là f = 0,37 ÷ 0,83 (trường hợp cốp pha dính bám bẩn). Lúc đó lực ma sát sẽ vào khoảng:

$$F = 119 \div 257 \text{ daN/m}$$

Trong quá trình đang trượt lúc này áp lực ngang tác dụng ở độ cao 60cm từ bề mặt bê tông (hình 3-71b) với áp lực ngang đơn vị lớn nhất p = 330 daN/m². Lực đẩy tổng cộng: $P_H$ = 132 daN/m



***Hình 3-71.*** *Biểu đồ áp lực ngang của vữa bê tông lên cốp pha trượt và lực tác dụng lên khung kích*

*- Biểu đồ áp lực ngang của vữa bê tông lên cốp pha trượt hình 3-71.*

*a) Giai đoạn bắt đầu trượt theo Nenning;*

*b) Giai đoạn đang trượt theo Nenning;*

*c) Biểu đồ áp lực ngang của vữa bê tông theo T. Dinesco;*

*d) Sơ đồ các loại lực tác dụng lên khung kích trong quá trình trượt;*

$N_1$, $N_2$: phản lực nẹp trên của cốp pha; $N_3$, $N_4$: phản lực nẹp dưới của cốp pha; $H_1$: phản lực ngang nẹp trên của cốp pha; $H_2$: phản lực ngang nẹp dưới của cốp pha; $T_1$, $T_2$: Phản lực của sàn công tác ngoài; F: lực ma sát giữa ván khuôn và bê tông khi trượt; P: lực nâng của kích.

Lực ma sát đối với cốp pha gỗ : F = 80 daN/m

Lực ma sát đối với cốp pha thép: F = 50 ÷ 110 daN/m

Kết quả tính toán theo biểu đồ áp lực của Nenning cho ta thấy lực ma sát lớn nhất trong cốp pha trượt xảy ra khi lực ma sát giữa bê tông và ván khuôn có trị số lớn gấp trên hai lần rưỡi so với khi đang trượt.

*(2) Theo nghiên cứu của Romania và Cộng hoà dân chủ Đức:*

Áp lực ngang của bê tông khi đầm rung thay đổi theo dạng đường cong, phần trên trùng với áp lực thuỷ tĩnh, giá trị lớn nhất cách mặt bê tông là 1/3 chiều cao lớp đổ. Khi tính toán biểu đồ được quy về dạng hình thang. Theo Dinescu, thì:

+ Áp lực thuỷ tĩnh ở vị trí $\frac{h}{3}$; là $P\alpha = 800$ h daN/m$^2$;

+ Áp lực tối đa : $P_{max} = 1{,}25P\alpha = 1000h$ daN/m$^2$;

+ Lực đẩy ngang tổng cộng:

$$P_H = \frac{2}{3}P_{max}h = \frac{2}{3}1000h^2\,\text{daN/m}$$

Lực ma sát $\quad F = f.P_H = \frac{2000}{3}fh^2\,\text{daN/m}$

*(3) Xác định áp lực ngang của vữa bê tông theo tiêu chuẩn Mỹ:*

Công thức tính toán:

$$P = 488\frac{962V}{32+1{,}8T}\ \text{daN/m}^2$$

Trong đó: V - chiều cao đổ bê tông trong 1 giờ hay tốc độ trượt m/h;

T - nhiệt độ của vữa bê tông trong cốp pha trượt.

Công thức trên được xây dựng với giả thiết cốp pha trượt có chiều cao là 1,05 ÷ 1,35m; chiều dày của mỗi lớp đổ từ 15 ÷ 25cm và đầm bằng đầm chấn động.

Công thức trên có ý nghĩa thực tiễn vì đã xét đến yếu tố thay đổi là tốc độ đổ bê tông và nhiệt độ của vữa trong cốp pha.

*(4) Xác định áp lực ngang theo Quy phạm của Liên Xô cũ:*

Khi tính toán đối với cốp pha trượt ở Liên xô dùng công thức:

$$p = \gamma.h = 2400.0{,}5 = 1200 \text{ daN/m}^2$$

và V = 0,5 m/h

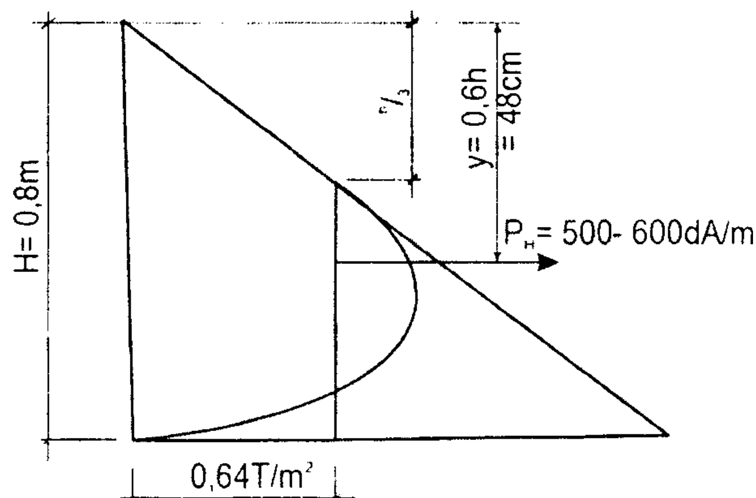
do đó $P_H = 2400 \times \frac{0{,}5}{2}\left(P_H = p.\frac{h}{2}\right) = 300$ daN/m

Trong tính toán trên chưa kể đến tải trọng động do đầm rung hay đổ bê tông vào cốp pha. Do vậy nếu đổ bằng ben có dung tích $0{,}20m^3$ thì áp lực ngang sẽ là P = 1400 $daN/m^2$ và lực đẩy tổng cộng: $P_H$ = 500 daN/m; Nếu đổ bằng máy bơm thì: p = 1600 $daN/m^2$ và $P_H$ = 700 $daN/m^2$.

Lực ma sát tính theo hệ số sẽ có giá trị trong khoảng từ 190-415 daN/m

Nếu lấy trung bình sẽ là 300 daN/m.

*(5) Xác định áp lực ngang theo quy phạm GBJ của Trung Quốc (hình 3-72)*




***Hình 3-72.** Sự phân bố áp lực ngang của vữa bê tông lên cốp pha trượt*

Theo quy phạm GBJ sự phân bố áp lực ngang của vữa bê tông lên cốp pha trượt có dạng gần giống áp lực của Dinescu. Áp lực được tính ở giai đoạn bắt đầu trượt với h = 80cm. Điểm tác dụng của hợp lực tại vị trí 0,6h = 48cm từ mặt bê tông đổ. Áp lực ngang tối đa: $P_H$ = 500 đến 600 daN/m.

Nếu xét đến các tải trọng do đổ bê tông bằng ống vòi voi, bằng máy bơm bê tông hoặc ben có dung tích $V \leq 0,2m^3$ thì thường dùng công thức:

$$P_H = 700 \div 800 \text{ daN/m}$$

Lực ma sát giữa cốp pha thép và bê tông lấy theo quy định là:

$$F = 150 \div 300 \text{ daN/m}$$

Còn nếu tính theo công thức hệ số ma sát ta sẽ có:

Với f = 0,38 thì F = 190÷228 daN/m (Đối với cốp pha thép sạch);

Với f = 0,83 thì F = 415÷498 daN/m (Đối với cốp pha thép dính bẩn);

Với f = 0,60 thì F = 300÷360 daN/m (Đối với cốp pha gỗ).

**3. Sự dính bám, phân lớp và đóng rắn của bê tông trong cốp pha trượt.**

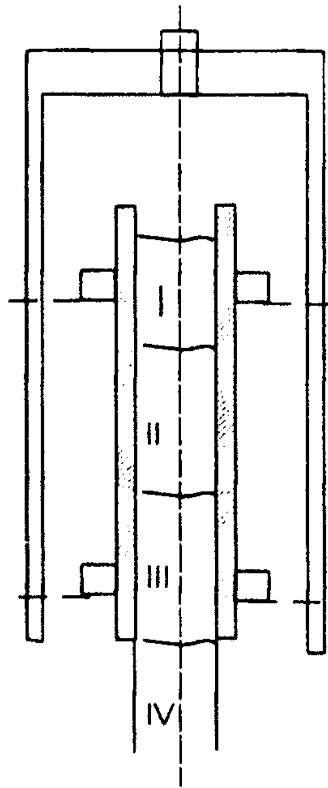
Đặc điểm của công nghệ thi công cốp pha trượt là việc nâng tách cốp pha được tiến hành liên tục và thường xuyên. Bê tông được ép giữ trong cốp pha thường bằng 0,6 ÷ 0,8 chiều cao của tấm cốp pha trượt tức là khối lượng đổ bê tông khoảng từ 4 ÷ 8 giờ.

Để đảm bảo việc nâng trượt dễ dàng, người ta cấu tạo các tấm cốp pha trượt có một góc nhỏ.

Khi nâng cốp pha liên tục với tốc độ 12 ÷ 15cm/h vữa bê tông đổ sẽ gồm 4 lớp có sự đông kết khác nhau (hình 2.73):

+ Lớp I: Đó là lớp vữa bê tông dẻo mới đổ (bê tông tươi) được bám dính chặt vào ván thành. Lực dính bám giữa ván thành và lớp bê tông này khá lớn. Khi nâng cốp pha thì lớp bê tông giáp với ván thành có thể bị đẩy trượt lên trên. Sự trượt này phụ thuộc vào lực ma sát của khối bê tông với thành vách. Mặt ngoài bê tông chỗ tiếp xúc với ván thành là lớp màng vữa xi măng có lẫn bọt khí.

+ Lớp thứ II: Sau khi đã đổ bê tông được từ 3-4 giờ sự tiếp xúc giữa ván thành và lớp vữa bê tông đã bị phá vỡ do cốp pha đã trượt qua và vữa bê tông đã bắt đầu đông kết nên thể tích bị co lại, lúc này vữa bê tông có tính đàn hồi dẻo. Do chịu trọng lượng của lớp I nén xuống nên lớp này bị phình ra chèn ép vào thành ván khuôn làm xuất hiện lực ma sát ngoài (ma sát khô) gây cản trở nhiều cho việc nâng cốp pha.




*Hình 2.73. Trạng thái đông kết của bê tông trong thi công cốp pha trượt.*
*I. Bê tông tươi; II. Bê tông đang ninh kết; III. Bê tông đã đông kết xong;*
*IV. Bê tông ra khỏi cốp pha trượt tiếp tục đóng rắn*

+ Lớp thứ III: ở lớp này hoàn toàn không có sự tiếp xúc giữa ván thành và bê tông do bê tông đã ninh kết xong và do cốp pha có cấu tạo hình côn vát vì thế giữa cốp pha và bê tông đã tạo ra khe hở. Ván thành lúc này chỉ là để bảo vệ bê tông ngăn ngừa các tác động của môi trường xung quanh ảnh hưởng đến sự đông kết và phát triển của cường độ bê tông cũng như các tác động cơ học ngẫu nhiên khác.

+ Lớp thứ IV: là lớp bê tông đã ra khỏi cốp pha trượt cường độ bê tông đã đạt từ 4 ÷ 8 $daN/cm^2$. Nó hoàn toàn đủ khả năng tự mang được trọng lượng bê tông ở phía trên và đủ khả năng giữ cho thanh trụ kích làm việc bình thường không bị biến dạng. Bê tông ở lớp này cần phải được bảo dưỡng theo chế độ nhiệt ẩm thích hợp.

**4. Yêu cầu cường độ bê tông khi ra khỏi cốp pha trượt**

Điều kiện đông cứng của bê tông đổ trong cốp pha trượt cũng như sự phát triển cường độ của nó khác với các điều kiện thông thường. Muốn

bê tông khi ra khỏi cốp pha trượt mà vẫn giữ ổn định được về hình dáng và giữ chặt được thanh trụ kích thì yêu cầu bê tông phải đạt được một cường độ nhất định tức cũng có nghĩa là bê tông phải có được một thời gian đông kết nhất định.

Cường độ phát triển của bê tông phụ thuộc vào sự đông kết của xi măng, nhiệt độ môi trường, điều kiện bảo dưỡng và các yếu tố về thiên nhiên khác. Theo nhiều nghiên cứu của nước ngoài đối với vùng khí hậu nóng, bê tông đạt cường độ 5 daN/cm$^2$ vào khoảng từ 4-6 giờ. Trong điều kiện khí hậu nóng ẩm của nước ta sự phát triển cường độ bê tông trong những giờ đầu tiên thuận lợi hơn. Theo TCVN5592/1991 nghiên cứu về bảo dưỡng ẩm tự nhiên cho bê tông nặng thì thời gian để bê tông đạt được cường độ 5 daN/cm$^2$ là khoảng 2,5 ÷ 5 giờ vào mùa hè.

Để bê tông có thể ra khỏi được ván khuôn thì yêu cầu đầu tiên là nó phải chịu được tải trọng bản thân của chính nó ($R_b \geq 0,025$ daN/cm$^2$), đồng thời phải giữ chặt được thanh trụ kích và chịu được các ảnh hưởng khác của thời tiết khí hậu và điều kiện thi công.

- Theo Quy phạm GBJ 113-87 thì cường độ bê tông ra khỏi ván khuôn nên khống chế trọng phạm vi 3-4 daN/cm$^2$ (tối đa có thể là 4-8 daN/cm$^2$)

- Theo tài liệu của Rumania bê tông trong cốp pha trượt cần có thời gian đông kết ban đầu khoảng 1,5 ÷ 2h và kết thúc chậm nhất không quá 4 ÷ 6 h sau khi trộn, về mặt cường độ yêu cầu phải phát triển nhanh trong những giờ đầu để có thể đạt 1,5 ÷ 2 daN/cm$^2$ trong thời gian từ 4 ÷ 8 giờ sau khi đổ bê tông.

Bê tông ra khỏi ván khuôn thường sau 1 đến 2 h kể từ lúc bắt đầu đông kết đây cũng chính là thời điểm sắp kết thúc quá trình đông kết của bê tông.

- Ở Liên Xô cũ xi măng sử dụng trong thi công cốp pha trượt thường có thời gian đông kết từ 3 đến 6 h.

Việc bảo dưỡng ban đầu đối với vùng khí hậu nóng sẽ kết thúc khi cường độ của bê tông $R_b$ đạt 5 daN/cm$^2$.

**5. Tính toán tốc độ trượt**

Đặc điểm của phương pháp thi công công trình bằng cốp pha trượt là tốc độ thi công nhanh và kết cấu bê tông được nâng dần lên cao theo mức độ trượt của cốp pha. Tốc độ nâng lên đó gọi là tốc độ trượt (tính theo cm/h hoặc m/ngày) hoặc cũng có thể gọi là tốc độ nâng cốp pha (cm/h).

Để hạ thấp giá thành công trình, nâng cao chất lượng và thuận lợi trong thi công thì cốp pha trượt cần phải được nâng lên với một tốc độ tính toán tối ưu. Tốc độ đó gần với tốc độ trượt cho phép lớn nhất ($V_{max}$) được tính toán dựa theo sự đông kết của bê tông phù hợp với loại xi măng sử dụng và nhiệt độ môi trường không khí (thực chất là nhiệt độ của vữa bê tông lúc đổ).

Tốc độ trượt còn phụ thuộc vào tiến độ thi công, các điều kiện cung ứng vật liệu và nhân lực. Tốc độ trượt cần được tính toán và lựa chọn là lớn nhất trong khả năng cho phép. Xác định tốc độ trượt là yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả của cả hệ thống cũng như tính hợp lý, tính kinh tế trong quá trình thực hiện công việc thi công trên hiện trường.

Như ta đã biết khi nâng trượt với tốc độ nhỏ hơn tốc độ cần thiết thì không những làm mất tính chất liền khối của công trình mà còn làm tăng thêm lực ma sát, lực dính giữa bê tông và ván khuôn. Nếu nâng ván khuôn lên khi mà vùng trên bê tông đã bị cứng thì sẽ gây nên các khuyết tật, các vết nứt ngang và khó hướng cho cốp pha trượt tiến theo chiều thẳng đứng, do đó có thể gây nên những sự cố làm hư hỏng thậm chí phá huỷ kết cấu bê tông.

Theo quan điểm của kỹ sư T. DINESCU tính toán tốc độ trượt phải dựa trên các yếu tố:

- Khả năng tổ chức thi công trên hiện trường;
- Thời gian đông kết của vữa bê tông;
- Khống chế theo khả năng chịu lực của thanh trụ kích;
- Ổn định tổng thể của công trình trong quá trình thi công.

*a. Tổ chức thi công trên hiện trường*

Về nguyên tắc trong thi công cốp pha trượt đòi hỏi phải tổ chức rất khoa học, đồng bộ và nhịp nhàng tất cả các quá trình, không cho phép bất

kỳ một sự mất cân đối nào. Phải tính toán để lựa chọn trang thiết bị vận chuyển, yêu cầu nhân lực vật tư, thành phần đội tổ công nhân..., đáp ứng đầy đủ kịp thời và chính xác.

Tốc độ trượt tính toán phải thích ứng với khả năng và tốc độ đổ bê tông thực tế của công trường.

Trong thi công cốp pha trượt người ta cho phép dự trù số lượng phương tiện vật tư kỹ thuật, vật liệu, nhân lực... tăng 1,3 lần so với yêu cầu của tốc độ trượt trung bình cho phép.

***b. Tốc độ trượt phải được khống chế theo thời gian đông kết của vữa bê tông***

Bê tông trong cốp pha trượt khi tách ra ở khoảng 2/3 chiều cao của cốp pha phải có đủ cường độ theo quy định. Nếu trượt quá nhanh thì thời gian đông rắn của bê tông trong cốp pha quá ít, vì vậy bê tông ra khỏi cốp pha cường độ sẽ thấp. Do đó tốc độ trượt khống chế theo cường độ bê tông ra ngoài cốp pha cũng chính là tốc độ khống chế theo thời gian đông kết của vữa bê tông được xác định theo công thức:

$$V = V_{max} = \frac{H - h - a}{T} \text{ (cm/h)}$$

Trong đó:

$V_{max}$ - tốc độ trượt lớn nhất cho phép;

H - chiều cao của cốp pha trượt (cm);

h - chiều dày của mỗi lớp đổ bê tông (cm);

a - khoảng cách từ mặt bê tông đổ đầy đến mép trên của cốp pha (5-10cm);

T - thời gian cần thiết để bê tông có thể trượt ra khỏi cốp pha (h).

Trong trường hợp thông thường chiều cao của cốp pha trượt là 1,20m mỗi lần đổ bê tông là 15-20cm một lớp, ta sẽ có:

$$V_{max} = \frac{95 \div 85}{T} \text{ (cm/h)}$$

Bảng sau đây sẽ cho ta mối quan hệ về nhiệt độ khí trời, thời gian cần thiết cho sự đông cứng của bê tông và tốc độ trượt cho phép.

**Mối quan hệ giữa nhiệt độ, thời gian đông cứng của bê tông và tốc độ trượt cho phép**

| Nhiệt độ không khí °C | Đối với xi măng P.400 | |
|---|---|---|
| | T (giờ) | $V_{max}$ (cm/h) |
| 5 | 12,0 - 14 | 7,9 - 6,2 |
| 10 | 9,0 - 11 | 10,3 - 7,7 |
| 15 | 7,0 - 8,4 | 13,3 - 10,1 |
| 20 | 5,7 - 7,0 | 16,6 - 12,1 |

*c. Tốc độ trượt phải được khống chế theo khả năng chịu lực của thanh trụ kích*

Tính toán tốc độ trượt phải đảm bảo để thanh trụ kích làm việc không vượt quá khả năng chịu lực của nó, tức là phải tính toán để ngăn ngừa sự mất ổn định của thanh trụ kích khi nâng trượt. Khả năng chịu lực của thanh trụ kích liên quan đến độ đông cứng của bê tông, độ mảnh của thanh trụ kích, cách liên kết cố định tổng thể của toàn hệ

Tốc độ trượt được xác định cụ thể như sau:

- Nếu xét thấy thanh trụ kích không có khả năng mất ổn định thì tốc độ trượt V (m/h), được xác định theo điều kiện khống chế của cường độ bê tông ra khỏi ván khuôn, tức là:

$$V = V_{max} = \frac{H - h - a}{T} \text{ (cm/h)}$$

- Trường hợp thanh trụ kích chịu nén có khả năng mất ổn định thì tốc độ trượt V (m/h) phải được tính toán khống chế theo khả năng chịu lực có xét đến ổn định của thanh trụ kích:

$$V = \frac{10,5}{T\sqrt{KP}} + \frac{0,6}{T}$$

Trong đó:

P - tải trọng tác động lên một thanh trụ kích (kN);

T - thời gian cần thiết để bê tông có thể đạt được cường độ 7-10 daN/cm$^2$ trong điều kiện thời tiết trung bình của ca làm việc được xác định theo thực nghiệm;

- Hệ số an toàn (k = 2).

Nếu cường độ bê tông ra khỏi ván khuôn thấp hơn cường độ quy định hay phần bê tông ở dưới không đạt được yêu cầu ngàm chắc đối với thanh trụ kích thì sau khi ra khỏi ván khuôn bê tông sẽ không giữ được hình dạng của mình mà sẽ bị rơi dưới tác động của trọng lượng bản thân và sẽ làm cho cốp pha trượt "trượt không" thanh kích sẽ bị uốn cong và mất ổn định.

Có những trường hợp phần thanh kích ở trong ván khuôn không bị cong do lực ma sát và cốt thép giữ được, nhưng phần bê tông phía dưới ván khuôn chưa đạt cường độ giữ ty kích nên bị ty kích chèn rơi gây nên mất ổn định.

*d. Tính toán tốc độ trượt phải xét đến sự ổn định tổng thể của kết cấu công trình trong quá trình thi công.*

Trong thi công, khi tính toán chọn tốc độ trượt phải chú ý đến cả 2 trị số: tốc độ trượt cho phép lớn nhất và tốc độ trượt cho phép nhỏ nhất.

- Tốc độ trượt cho phép lớn nhất xác định từ điều kiện khống chế cường độ bê tông khi ra khỏi ván khuôn.

Tốc độ trượt cho phép nhỏ nhất khống chế theo điều kiện để bê tông không bị dính bám vào cốp pha trượt. Tốc độ $V_{min}$ là tốc độ phải đảm bảo để nếu khi nhiệt độ $t < 15^oC$ phải thực hiện được 2 lần nâng trong một giờ và khi $t \geq 15^oC$ phải đạt được 3 lần nâng trong một giờ. Nâng trượt cốp pha với tốc độ nhỏ hơn $V_{min}$ là không được phép trong bất kỳ trường hợp nào. Theo tính toán tốc độ $V_{min}$ là 5cm/h; ở Liên xô quy định lấy $V_{min}$ = 8cm/h; ở Đức thì lấy $V_{min}$ = 15cm/h khi nhiệt độ không khí $t \geq 15^oC$.

Tốc độ trượt tối đa về mặt lý thuyết có thể đạt tới 100cm/h song, thực tế vì còn phải đặt cốt thép và làm một số công việc khác cho nên tốc độ trượt tối đa phải giảm đi nhiều. Kỷ lục trượt tối đa đã đạt được là 30-35 cm/h tức là 7-9m/ngày nhưng chỉ đối với những công trình có mặt bằng đơn giản và quy mô không lớn như xiclon đơn, trụ cầu...

**6. Kích sử dụng trong thi công cốp pha trượt.**

Xu hướng chung trên thế giới là sử dụng kích có công suất lớn trong thi công cốp pha trượt (thông thường kích từ 10 T trở lên). Sử dụng các loại kích lớn này cho phép tăng khoảng cách bố trí khung kích tạo sự thuận lợi trong việc tổ chức sản xuất trên mặt bằng chật hẹp nên năng suất lao động cao hơn, dễ dàng hơn trong việc đổ bê tông cũng như lắp đặt cốt thép.

Có rất nhiều loại kích có thể sử dụng trong việc thi công cốp pha trượt như:

- Kích thuỷ lực;
- Kích cơ điện;
- Kích bàn ren;
- Kích kẹp;
- Kích khí nén...

Kích thuỷ lực. Loại kích này kích thước nhỏ nhưng công suất lại lớn, sử dụng đơn giản và tiện lợi nên được dùng khá phổ biến, chủ yếu là kích dầu. Dựa trên nguyên lý chất lỏng không nén được, kích thuỷ lực tạo ra thiết bị động lực tiếp xúc tốt, sử dụng dễ dàng, có thể đảo chiều chuyển động, ngăn ngừa sự quá tải, dễ dàng bố trí mạng cung cấp dầu và dễ dàng tự động hoá được hệ thống.

Kích cơ điện thuận lợi ở chỗ: nguồn cung cấp đơn giản chuyển rất nhanh năng lượng và các xung lực trong quá trình vận hành nhưng do truyền dẫn bằng điện phải có mô tơ và hộp giảm tốc nên trọng lượng và kích thước của kích lớn.

Các loại kích kẹp, kích bàn ren, kích vít thường truyền dẫn riêng rẽ hoặc theo từng nhóm nhỏ, do vậy có thể nâng hạ không hoàn toàn thống nhất cho tất cả các kích trong toàn hệ thống, để khắc phục hiện tượng trên người ta thường trang bị thêm hệ thống theo dõi, tự điều chỉnh mức thăng bằng cho hệ thống kích.

Kích khí nén là một loại kích mới được đưa vào sử dụng. Hệ thống truyền dẫn sử dụng khí nén không phụ thuộc vào nhiệt độ không khí môi

trường và không gây xung lực làm ảnh hưởng đến thiết bị máy móc. Nhưng do kết cấu phức tạp, chỗ nối phải thật kín khít và khó bảo dưỡng bôi trơn thiết bị nên cũng chưa được phổ biến rộng rãi.

***a. Thanh trụ kích (Ty kích)***

*1. Quy cách cấu tạo của thanh trụ kích:*

Chức năng của thanh trụ kích là nhận và truyền toàn bộ tải trọng của hệ cốp pha trượt xuống phần tường bê tông đã đông cứng và chính tường này sẽ giữ cho thanh trụ kích không bị chuyển dịch hoặc biến dạng khi bị uốn dọc.

Thanh trụ kích thường làm bằng thép tròn trơn. Đường kính của thanh trụ kích thông thường là $\phi$ 25 ÷ $\phi$32mm cá biệt có khi đến 50mm.

Chiều dài của thanh trụ kích thường lấy bằng 1; 1/2; 1/3 chiều dài thanh thép, phổ biến là từ 2,5 ÷ 4m, đôi khi người ta cũng dùng loại có chiều dài 1 ÷ 5m. Cần chú ý là những thanh trụ kích đầu tiên phải có chiều dài khác nhau để đảm bảo số mối nối trên một mặt cắt ngang phải ≤ 25% theo quy định. Nói chung người ta hay sử dụng thép có cường độ cao, thép kéo nguội (≈ 4000 daN/$cm^2$) để chế tạo thanh trụ kích.

Trước khi sử dụng người ta phải kiểm tra chất lượng các thanh trụ kích xem có bị cong, lệch tâm, rỗ, lõm... không để xử lý. Bởi vì, những khuyết tật này sẽ ảnh hưởng đến sự chịu lực của hệ thống và gây khó khăn trong quá trình thi công.

Lượng sắt thép chi phí cho thanh trụ kích phải do tính toán. Những thống kê cho biết nó chiếm tỷ lệ khoảng từ 10 ÷ 20 kg thép cho 1$m^3$ bê tông. Liên kết thanh trụ kích có thể bằng hàn, nối kiểu chốt mộng, chốt nêm, nối vặn ren. Đầu thanh trụ kích có loại đầu bằng, đầu nhọn, đầu côn, đầu vặn ren (hình 3-74).

Độ nghiêng lệch đường kính thanh trụ kích không cho phép lớn hơn 0,5mm. Khi nối bằng ren đường kính ren không nhỏ hơn 16mm và đoạn ren nối không được nhỏ hơn 20mm.

*Hình 3-74. Liên kết mối nối thanh trụ kích*

*a. Các loại mối nối chốt mộng, chốt chêm, hàn. b. Sơ đồ nối thanh trụ kích và cách thức liên kết. c. Quy định chi tiết nối của Liên xô: Đoạn đầu tiên, đoạn trung gian, nối vặn ren, mối hàn*

1. Thanh trụ kích ϕ 25; 2. Lỗ có ren trong; 3. Chốt có ren;
4. Đoạn ống bao dùng ống thép dẫn

***2. Tính toán thanh trụ kích:***

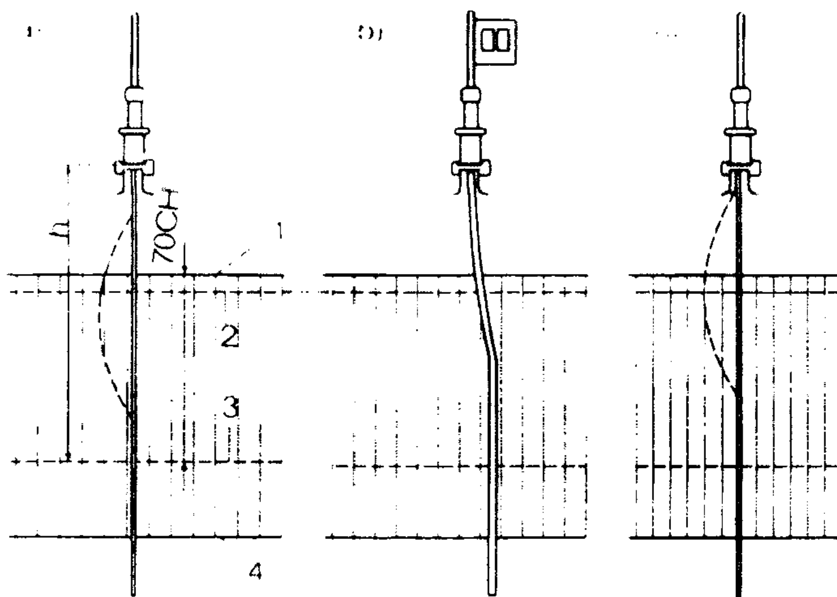
Tính toán thanh trụ kích chịu uốn dọc do lực từ kích truyền xuống thanh trụ kích.

Khả năng chịu lực của thanh trụ kích phụ thuộc vào các yếu tố:

- Đường kính;
- Loại thép;
- Biện pháp kẹp giữ của kích;
- Trạng thái chuyển vị;
- Độ sâu ngàm giữ trong bê tông.
- Độ dài vượt không của thanh trụ kích.

Những chỉ tiêu trên còn dùng để xác định chiều dài tính toán, độ mảnh và hệ số uốn dọc của thanh trụ kích.

Trong thi công có thể xảy ra 3 trường hợp đối với thanh trụ kích (hình 3-75)




*Hình 3-75. Trạng thái uốn dọc của thanh trụ kích*
*a. Xê dịch bên là không có: $l_t$ = 0,5h (ngàm cả trên và dưới)*
*b. Xê dịch bên: $l_t$ = h; c. Sơ đồ tính toán thiết kế của thanh trụ kích: $l_t$ = 0,7h (trên khớp, dưới ngàm)*

1. Mép trên của cốp pha trượt; 2. Mức độ đầy BT;
3. Chiều sâu ngàm giữ trong BT; 4. Mép dưới của cốp pha trượt.

+ Trường hợp 1: Cấu tạo khung kích, cốp pha đảm bảo độ cứng không gian, thanh trụ kích được ngàm chặt vào bê tông và ở vị trí đặt kích không có sự xê dịch coi như thanh trụ kích được ngàm chặt ở cả 2 đầu,

chiều dài tính toán lúc này được tính bằng 1/2 chiều dài vượt không của thanh trụ kích ($l_t = 0,5h$).

+ Trường hợp 2: Đối với những công trình có hình thù đơn giản, kích thước tiết diện lớn (như xi-lôn đơn chẳng hạn) khi trượt có thể xuất hiện xoắn và thanh trụ kích tại vị trí đặt kích có thể bị xê dịch so với tim trụ kích đã ngàm trong bê tông một đoạn là Δl. Khi đó, độ dài tính toán sẽ phải lấy bằng chính chiều dài vượt không của thanh trụ kích ($l_t = h$).

+ Trường hợp 3: Thanh trụ kích không bị xê dịch, có nghĩa là toàn bộ hệ cốp pha trượt không bị xoắn nhưng liên kết giữa kích và thanh trụ kích không tạo thành ngàm mà có thể chuyển động xoay. Lúc đó, chiều dài tính toán của thanh trụ kích sẽ lấy bằng 0,7 lần chiều dài vượt không của thanh trụ kích ($l_t = 0,7h$)

Chiều sâu đổ bê tông giữ thanh trụ kích phụ thuộc vào sự đông kết của bê tông. Vùng bê tông có đủ cường độ là vùng gần xuống phía dưới trong cốp pha trượt.

Theo công nghệ thi công cốp pha trượt thì khi làm việc ở trạng thái bình thường tức là khi mà từ miệng cốp pha trở xuống chỉ có một phần chưa đổ bê tông bằng chiều cao của một lớp đổ.

*b. Tính toán khả năng chịu tải của thanh trụ kích:*

- Tính toán theo khả năng chịu lực của vật liệu:

$$P_{max} = 2(P_{tr} + F_{msát} + P_d)\, l_t \le mP_a = m\varphi A_s\sigma_s$$

Trong đó:

$P_{max}$ - khả năng chịu tải tối đa của thanh trụ kích (daN);

$P_a$ - khả năng chịu lực cho phép của thanh trụ kích (daN);

$\varphi$ - hệ số uốn dọc của thanh trụ kích;

$A_s$ - tiết diện ngang của thanh trụ kích;

$\sigma_s$ - ứng suất cho phép của loại thép chế tạo thanh trụ kích;

$P_{tr}$ - phản lực trên của khung kích;

$P_d$ - phản lực dưới của khung kích;

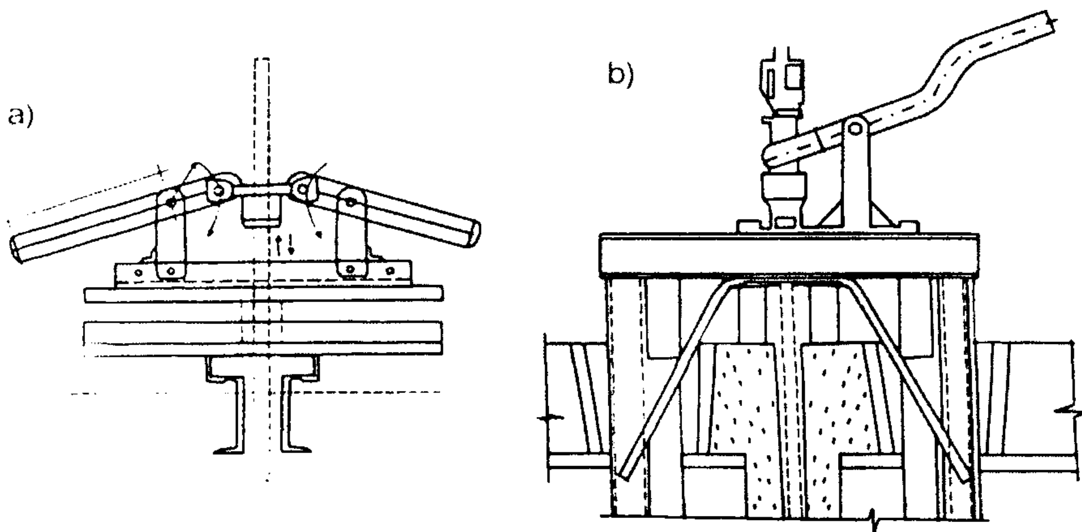
$F_{ms}$ - lực ma sát giữa bê tông và cốp pha trượt;

$l_t$ - khoảng cách giữa các thanh trụ kích có thể được xác định từ tính toán:

m - hệ số an toàn (m = 0,5 ÷ 0,75) tính toán có kể đến các trường hợp đặc biệt nguy hiểm;

- Đối với các kết cấu mặt bằng có dạng hình vuông hay chữ nhật thì $l_t \leq 1,40$m;

- Đối với các kết cấu mặt bằng có dạng hình tròn thì $l_t \leq 2,00$m




***Hình 3-76.** Thiết bị thu hồi thanh trụ kích.*

*a. Rút bằng dụng cụ thủ công; b. Sử dụng thiết bị PΠ-60*

Người ta cũng có thể chọn trước tiết diện của thanh trụ kích sau đó dựa vào công thức tính toán khả năng chịu tải để tìm ra khoảng cách tối đa của các thanh trụ kích:

$$l_t \leq \frac{m\varphi\sigma_s A_s}{2(P_{tr} + F_{ms} + P_d)}$$

Tính toán liên hệ số cuốn dọc φ của thanh trụ kích:

Để có được φ ta cần biết độ mảnh $\lambda \rightarrow \varphi = f(\lambda)$

$$\lambda = \frac{l_t}{i}$$

Trong đó:

$l_r$ - độ dài tính toán của thanh trụ kích tuỳ theo điều kiện cấu tạo và làm việc là có thể lấy bằng 0,5; 0,7 hoặc 1,0 chiều dài vượt không của thanh trụ kích;

i - bán kính quán tính của thanh trụ kích vì là sắt tròn nên i = D/4;

D - đường kính của thanh trụ kích.

***c. Tính toán số lượng tối thiểu của thanh trụ kích:***

$$n_{min} = \frac{L}{l_t}$$

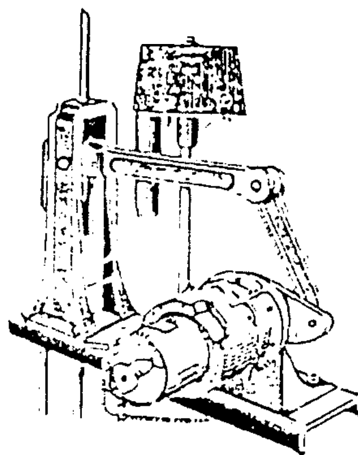
Trong đó

L - chu vi công trình hoặc chiều dài tổng cộng các tuyến đặt kích;

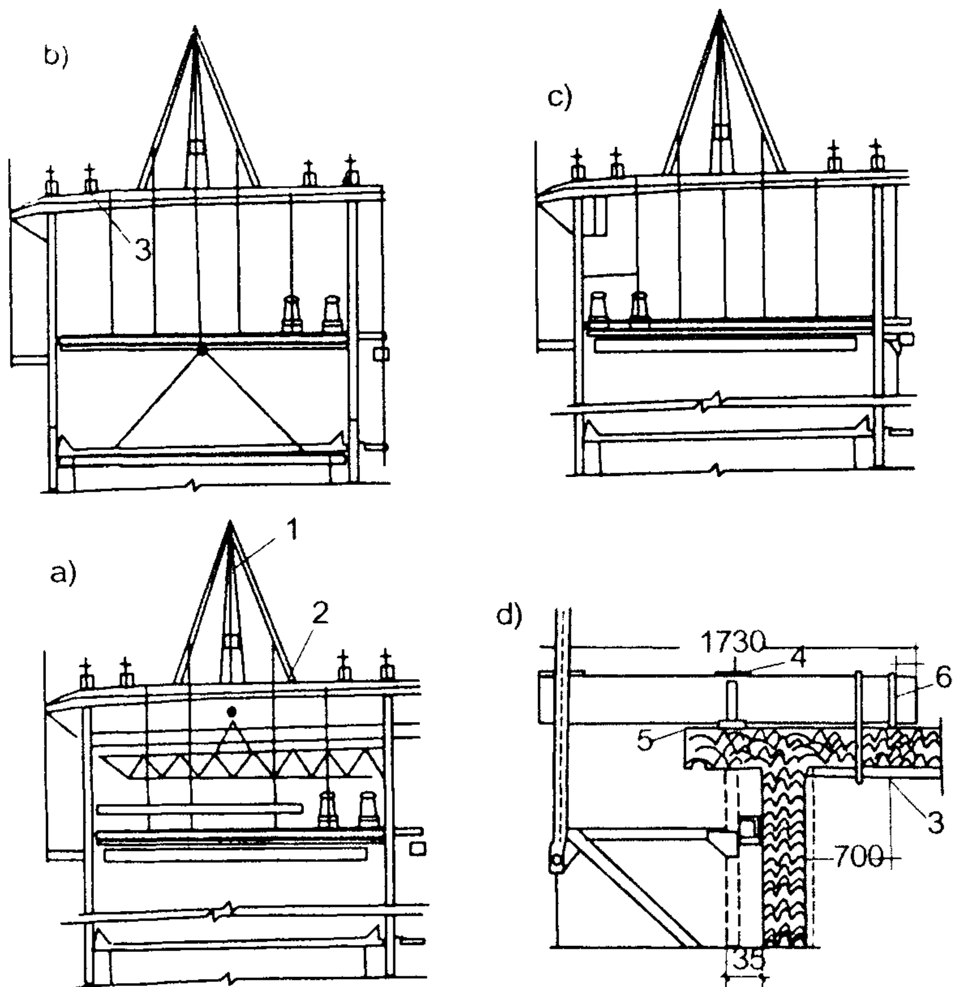
$l_t$ - khoảng cách tối đa của thanh trụ kích.

**Thiết bị thu hồi thanh trụ kích**

| Thiết bị | Kích thước | Sức nâng (kg) | Chiều cao nâng (1 chu trình) | Năng suất (m/phút) | Áp lực trạm bơm (daN) |
|---|---|---|---|---|---|
| PП - 60 | 1150×140×850 | 400 | 20 | 1,2 | |
| HП - 61 | 390×270×190 | 400 | 10 | 2,8 | 45 |



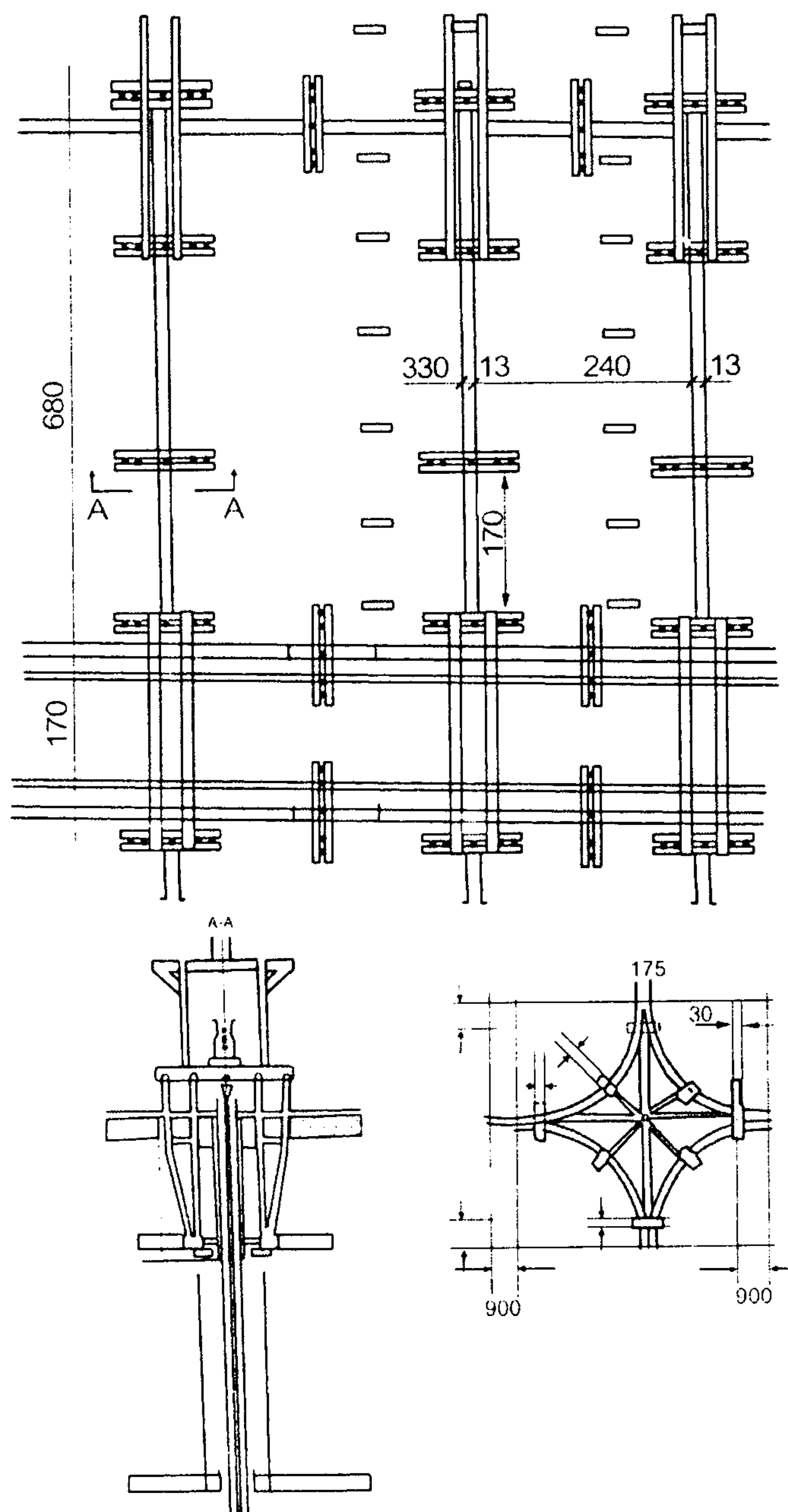
*Hình 3-77. Kích điện cơ ĐABLDDÊI (Mỹ)*



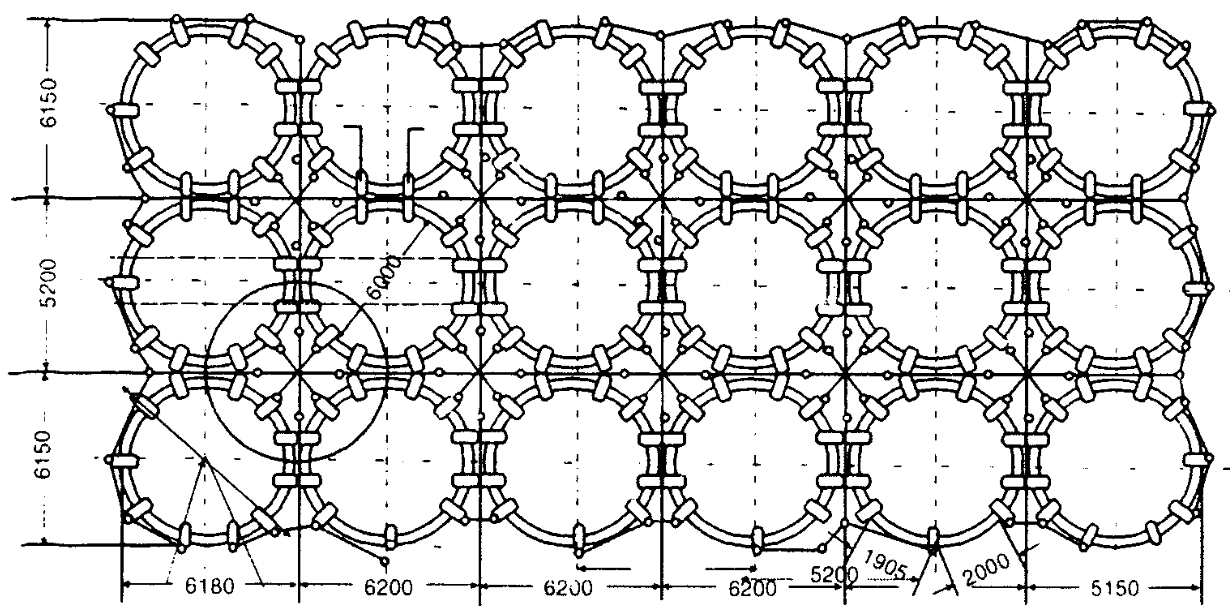

***Hình 3-78.*** *Quá trình tháo cốp pha trượt cho cụm xi-lô tròn φ6m.*

*a. Tháo dỡ giàn đỡ sàn và hạ xuống sàn treo; b. Tháo dỡ cốp pha trong; c. Tháo dỡ cốp pha sàn treo trong và hạ xuống sàn xi-lô ở phía dưới; d. Cố định lại khung giá treo ngoài vào kết cấu xi-lô.*

1. Giá chữ A; 2. Khung đệm kê giá bằng gỗ; 3. Móc neo giữ; 4. Nêm; 5. Đệm; 6. Thanh gỗ 180×50mm




*Hình 3-79. Bố trí khung kích cho thi công khách sạn MAIAMI*




***Hình 3-80.*** *Bố trí khung kích thi công xi-lô φ6m ở Liên xô và mạng điều khiển thuỷ lực.*

## Chương V

# PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP ỨNG SUẤT TRƯỚC

Nhược điểm cơ bản của bê tông cốt thép thường là có trọng lượng bản thân lớn và khi chịu lực xuất hiện sớm các vết nứt ngay cả khi ứng suất còn khá nhỏ.

Sự ra đời của kết cấu bê tông ứng lực trước đã khắc phục được nhược điểm này của bê tông cốt thép thông thường.

Như chúng ta đã biết khi sợi dây thép bị kéo căng bởi một lực nào đó thì nó dãn dài ra song, nếu sợi dây thép có cường độ càng cao thì độ dãn dài của nó càng lớn trước khi bị đứt.

Trong bê tông cốt thép thì bê tông và thép bám vào nhau rất chặt, khi chịu lực thì độ dãn dài của chúng phải bằng nhau. Vì thế đã từ lâu người ta phải sản xuất ra loại thép cường độ thấp dùng làm cốt thép cho bê tông, bởi vì nếu dùng loại thép cường độ cao thì đắt hơn mà trong thực tế chẳng có lợi gì hơn vì không tận dụng hết cường độ của nó.

## I. VÀI NÉT VỀ LỊCH SỬ VÀ SỰ PHÁT TRIỂN CỦA BÊ TÔNG CỐT THÉP ỨNG SUẤT TRƯỚC Ở VIỆT NAM VÀ TRÊN THẾ GIỚI

Lịch sử của bê tông cốt thép ứng suất trước hãy còn rất trẻ, nếu như việc tìm ra xi măng cách đây khoảng 200 năm, việc sáng chế ra bê tông đã được gần 150 năm (do Monie sáng chế ra năm 1867) thì việc sử dụng kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước mới chỉ khoảng 40 năm trở lại đây.

Thực ra, những năm đầu của thế kỷ XX người ta đã biết nguyên lý về bê tông ứng suất trước và đã thử nghiệm nhưng không thành công. Lúc

đó người ta tạo ứng suất trước trên kết cấu bê tông bằng các loại thép thường và thấy rằng sau một thời gian thì hầu như toàn bộ ứng suất trước tạo ra trước đây đều biến mất và kết cấu bị phá hoại.

Thời đó, khoa học xây dựng chưa giải thích được những nguyên nhân gây mất ứng suất trong quá trình làm việc của thép và bê tông: thép bị dãn dài ra còn bê tông thì co ngắn lại.

Công trình đầu tiên là thanh căng bằng bê tông cốt thép ứng suất trước cho nhà mái vòm ở Polyvestre (1924) và cho cầu vòm ở Plougastel (1928). Năm 1933 và 1935 người ta làm cột và các ống bằng bê tông cốt thép ứng suất trước; Năm 1941 làm một số cầu ở Luzaney; Năm 1946 làm đường băng của sân bay Orly ở Paris.

Có thể nói Eugene Freyssinet (1879-1962) là cha đẻ ra công nghệ bê tông ứng suất trước. Khoảng từ những năm 1925 Freyssinet đã nghiên cứu vấn đề này. Freyssinet là người đầu tiên giải thích sự mất mát ứng suất và người đầu tiên đã sử dụng thép có cường độ cao trong bê tông cốt thép ứng suất trước.

Thép cường độ cao không phải là để triệt tiêu sự mất mát ứng suất mà là để sau khi mất ứng suất thì lực còn lại vẫn đủ lớn tạo lực nén cần thiết vĩnh viễn trong bê tông.

Sau Freyssinet chúng ta có thể kể đến Yves Guyon, Pierre Lebelle là những nhà nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết cũng có nhiều đóng góp trong lĩnh vực này.

Nước Pháp là quốc gia đầu tiên sau đó là Bỉ, Anh, Đức, Thuỵ Sỹ, Hà Lan cũng đã ứng dụng và phát triển rộng rãi công nghệ này.

Tại Liên Xô, nếu năm 1970 tỷ lệ kết cấu bê tông ứng lực trước chiếm 23% tổng cấu kiện bê tông cốt thép nói chung thì đến năm 1990 con số này đã tăng lên đến 30%.

Tại Mỹ công nghệ chế tạo bê tông ứng lực trước chậm hơn châu Âu, đầu tiên là xây dựng các bể chứa, nhưng sau đó thì phát triển rất nhanh: chỉ sau 2 năm đã có 34 cơ sở chế tạo cấu kiện bê tông ứng lực trước với trên 500 công trình kiểu này được xây dựng.

Trong thập kỷ 70 khối lượng bê tông cốt thép ứng lực trước trên thế giới đạt khoảng trên 30 triệu mét khối.

Ở Việt Nam : kết cấu bê tông ứng suất trước đầu tiên được xây dựng ở nước ta là vào năm 1962 đó là công trình cầu Phủ Lỗ. Sau đó, nó còn được dùng cho một số công trình khác nữa và cũng có công trình đã bị sập. Sự cố xảy ra không phải do lỗi của loại kết cấu này mà do ta chưa nắm được đầy đủ những yêu cầu hết sức nghiêm ngặt trong thi công cũng như ảnh hưởng của môi trường đến bê tông cốt thép ứng suất trước .

Thực ra từ khi xây dựng Nhà máy Bê tông Chèm cách đây gần 40 năm thì trong thiết kế đã có sàn căng ứng lực trước. Nhưng trên thực tế thì phần công nghệ này không triển khai ở bất cứ nhà máy bê tông nào. Chèm, Xuân Mai, Đạo Tú, Thái Nguyên, Hải Phòng.

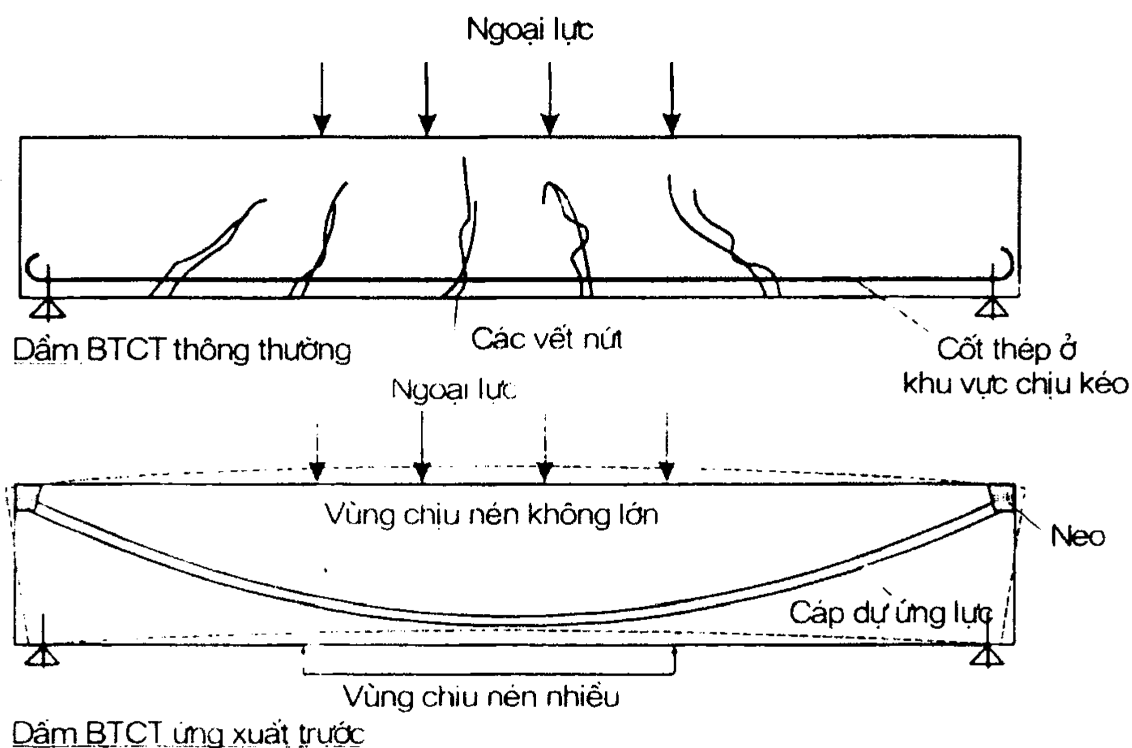
Có thể bởi lý do không có thiết bị căng gọn nhẹ hiệu dụng, nhưng cũng có thể do cơ chế kinh tế đã hạn chế việc áp dụng công nghệ mới, vì thế nên công nghệ ứng lực trước chưa đi vào đời sống sản xuất xây dựng ở nước ta.

Ở Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cuối những năm 80 Phòng thí nghiệm công trình đã nghiên cứu và đưa vào sản xuất ở quy mô nhỏ các kết cấu bê tông ứng lực trước sử dụng trong lắp ghép thủ công (khẩu độ dầm 3m trọng lượng 40-50kg).

## II. NGUYÊN LÝ CỦA BÊ TÔNG ỨNG SUẤT TRƯỚC

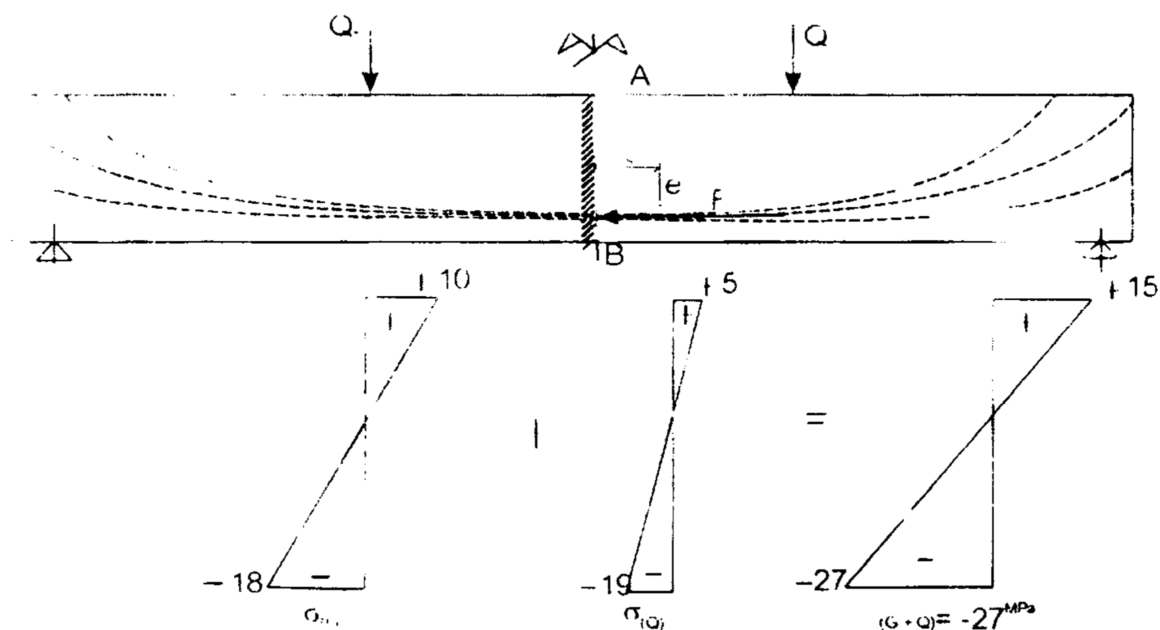
Nguyên lý của bê tông ứng suất trước là: trước khi cho kết cấu bê tông cốt thép chịu lực người ta làm cho bê tông chịu nén trước, đến khi kết cấu chịu tác dụng của ngoại lực thì bê tông trước tiên sẽ để mất ứng suất nén được tạo ra trước đây rồi sau đó mới bắt đầu chịu lực kéo.

Như chúng ta đã biết bê tông là một loại vật liệu chịu nén rất tốt nhưng lại chịu kéo rất kém. Nó sẽ bị nứt nếu lực chịu kéo nhỏ hơn lực chịu nén tới 5 lần. Vì vậy trong 1 dầm bê tông cốt thép người ta đặt thép ở vùng chịu kéo và trong vùng đó không tính sự làm việc của bê tông và trong tính toán người ta coi dầm bê tông cốt thép như 1 loại vật liệu không đồng nhất (hình 3-81).




*Hình 3-81 So sánh dầm BTCT thường và dầm BTCT ứng suất trước*

Hãy khảo sát 1 dầm đơn giản đặt trên 2 gối tựa có tiết diện ở giữa là AB.




Nếu dầm bị uốn dưới tác dụng của trọng lượng bản thân và hoạt tải thì sẽ xuất hiện ứng suất nén ở phần A và ứng suất kéo ở phần dưới B của tiết diện. Giả thử:

Do trọng lượng bản thân: $\sigma'_{G(A)} = +10MPa$

$\sigma'_{G(B)} = -18MPa$

Do hoạt tải: $\sigma'_{A(A)} = +5MPa$

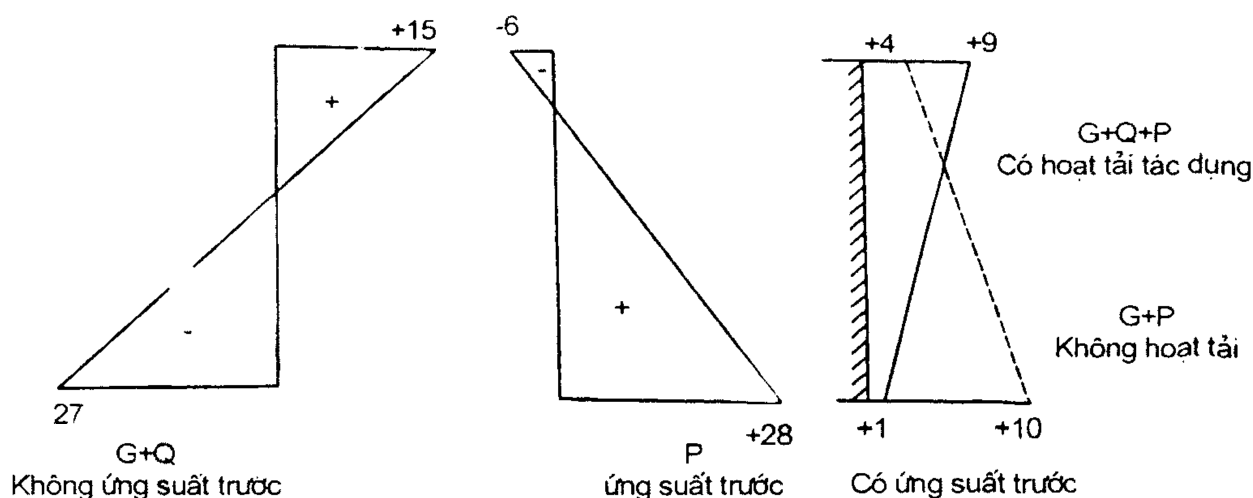
$\sigma'_{A(B)} = -9MPa$

Nếu không có ứng suất trước thì ứng suất chịu kéo ở phần dưới của tiết diện dầm là -27MPa (270kg/cm$^2$) với ứng suất này thì sau một thời gian dầm sẽ bị phá hoại.

Nếu chúng ta ép vào khối bê tông một lực tính toán, cách trọng tâm tiết diện một khoảng cách e nào đó sao cho lực nén tác dụng lên phần dưới B của tiết diện lớn hơn 27MPa một chút, thí dụ là 28MPa chẳng hạn.

Lúc này ở tiết diện AB của dầm ta sẽ có trạng thái ứng suất theo bảng dưới đây:

| Ứng suất tính theo MPa | Ứng suất từng bộ phận | | | Ứng suất tổng cộng | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Do trọng lượng bản thân G | Do hoạt tải Q | Do ứng suất trước P | Khi không có hoạt tải (G+P) | Khi có hoạt tải (G+P+Q) |
| Phần trên σ | +10 | +5 | -6 | +4 | +9 |
| Phần dưới σ | -18 | -9 | +28 | +10 | +1 |




Quan sát trên bảng và biểu đồ ứng suất ta thấy rằng trong trường hợp khi có ứng suất trước tiết diện bê tông hoàn toàn chịu nén do vậy có

thể tận dụng triệt để ưu điểm của bê tông. Mặt khác khi kết cấu không chịu tải thì ứng suất lại lớn hơn khi chịu tải. Do đó trong tính toán các kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước phải nghiên cứu không chỉ trường hợp chịu tải mà cả trường hợp không chịu tải.

## II. CÁC PHƯƠNG PHÁP TẠO ỨNG SUẤT TRƯỚC

Trong kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước thì bê tông là vật liệu chịu ứng suất trước còn thép cường độ cao là vật liệu tạo ra ứng suất trước.

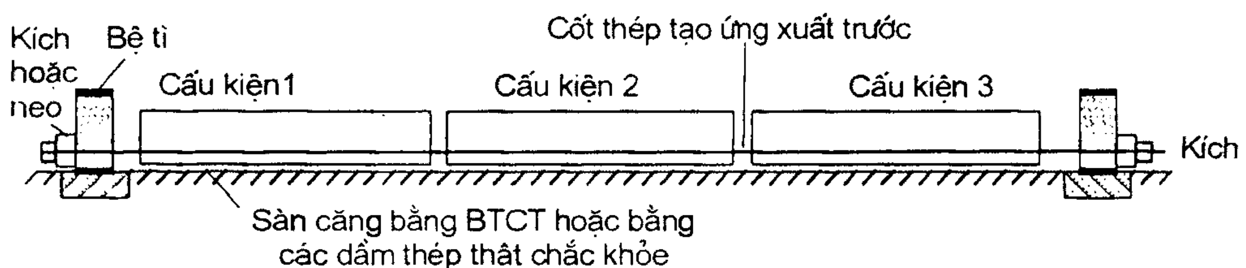
Việc kéo cốt thép để tạo ra ứng suất trước có thể tiến hành trước hoặc sau khi đổ bê tông. Vì vậy, việc chế tạo các kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước cũng có 2 phương pháp chủ yếu:

- Phương pháp kéo căng trước;
- Phương pháp kéo căng sau.

### 1. Phương pháp kéo căng trước:

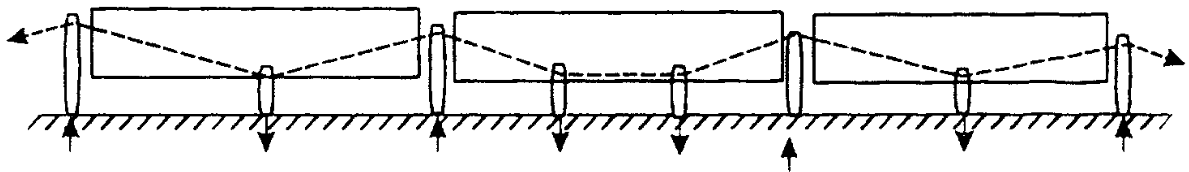
Theo phương pháp này, người ta kéo căng cốt thép trước rồi sau đó mới đổ bê tông. Phương pháp này thông thường dùng trong các nhà máy bê tông để sản xuất hàng loạt cấu kiện giống nhau hoặc cũng có khi người ta tổ chức sản xuất hàng loạt ở các sàn căng đặc biệt tại công trình xây dựng. Cốt thép dự ứng lực có thể được kéo bằng kích từ cả 2 đầu hoặc cũng có thể neo một đầu và kéo một đầu. Thép ứng suất trước có thể là thanh thẳng hoặc gấp khúc tuỳ theo thiết bị tạo ứng suất. Nó có thể là loại thép tròn trơn cũng có thể là các thanh thép bện hoặc cáp.

Sau khi đổ bê tông một thời gian, cường độ bê tông đã khá cao thì mới thả kích kéo cốt thép ra. Khi đó, cốt thép bị kéo này sẽ co lại và tạo lực nén trong bê tông. Phương pháp tạo ứng suất trước này dựa vào lực dính bám giữa bê tông và cốt thép.

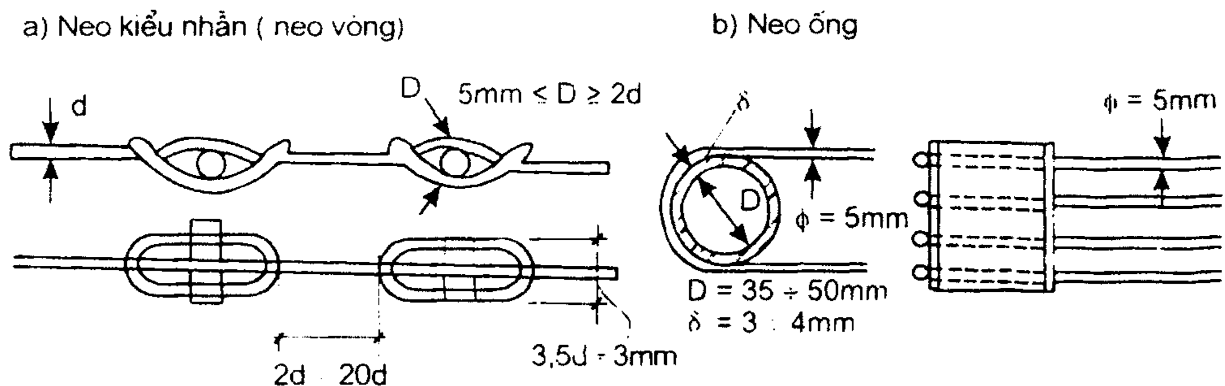



*Hình 3-82. Sàn căng thẳng liên tục dài từ 50-200m*

Có thể sản xuất một dải nhiều cấu kiện đồng thời trên sàn căng. Đối với thép tròn trơn có thể độ dính giữa cốt thép và bê tông chưa đủ chắc thì người ta có thể bổ sung thêm các neo ở đầu cấu kiện (hình 3-82, 3-83, 3-84).



*Hình 3-83. Thiết bị căng thép gấp khúc bằng nhiều đoạn*

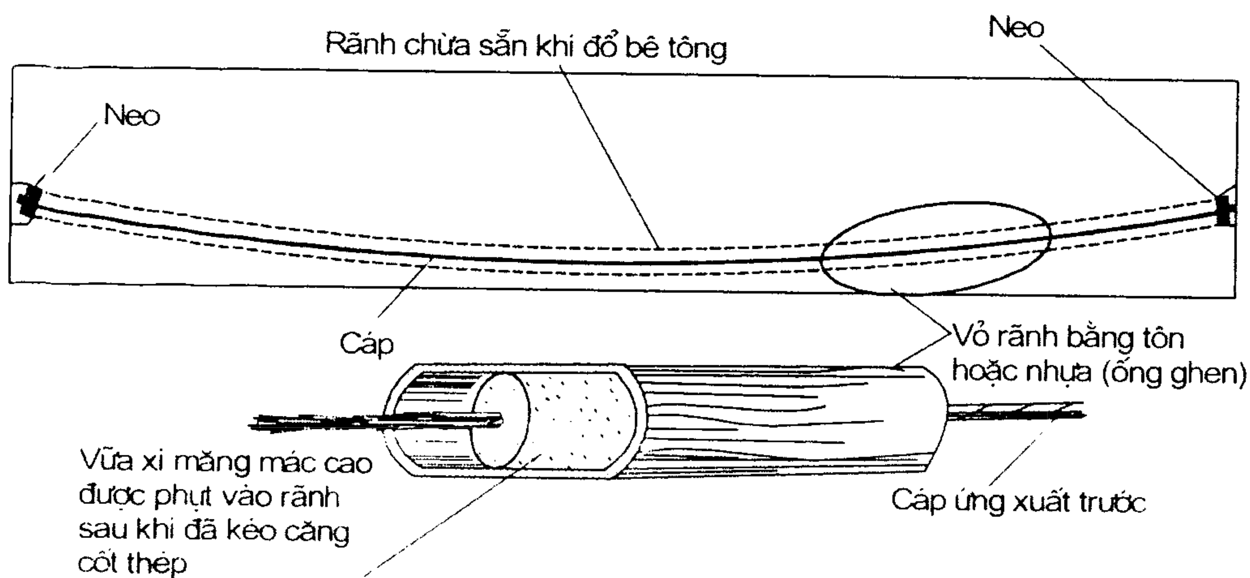



*Hình 3-84. Các loại neo trong BTCT ứng suất trước*

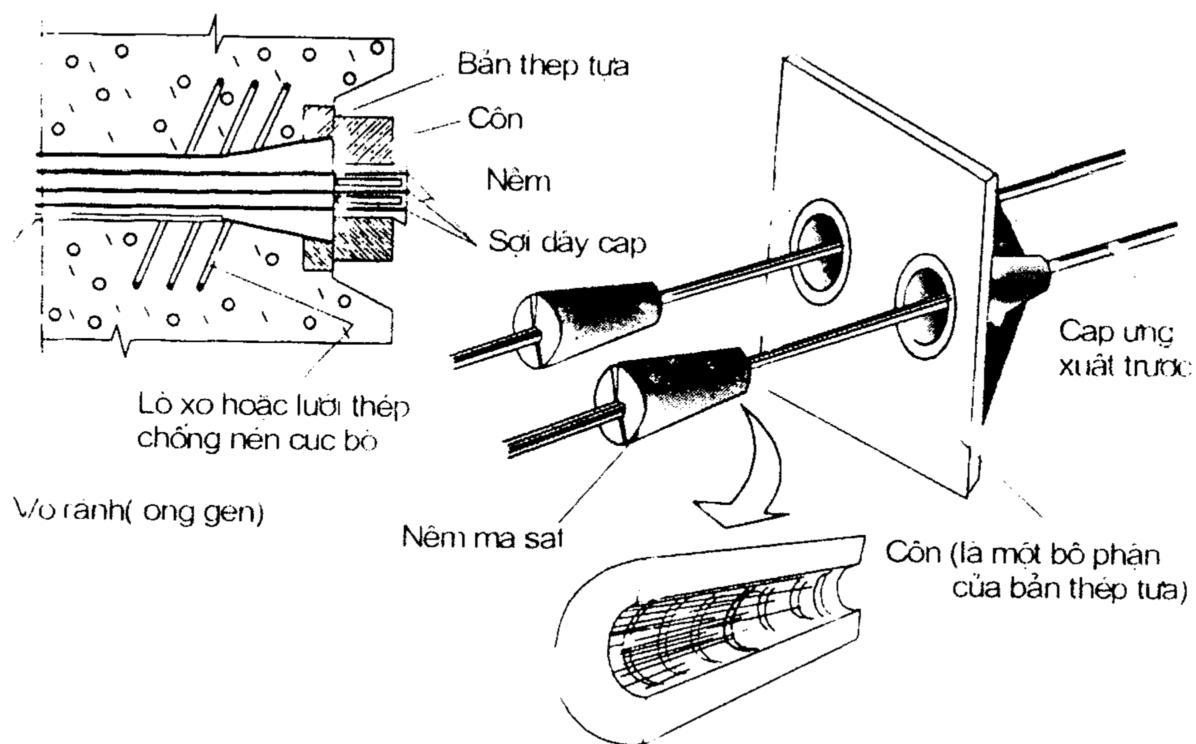
**2. Phương pháp kéo căng sau**

Đổ bê tông cho những cấu kiện ứng suất trước theo phương pháp này thì phải để sẵn những lỗ để luồn cốt thép tạo ứng suất trước. Các kích sẽ tỳ vào 2 đầu cấu kiện bê tông để kéo căng cốt thép. Sau đó dùng máy phụt vữa xi măng mác cao để lấp các khe hở trong lỗ có cốt thép. Hai đầu cốt thép được neo chặt bằng nêm vào bê tông và chúng trở thành các gối tựa truyền lực nén vào bê tông (hình 3-85; 3-86).

Phương pháp này chỉ được tiến hành khi bê tông đúc đã thật sự rắn chắc. Phương pháp kéo căng sau được ứng dụng rộng rãi trong việc thi công các cầu có khẩu độ lớn, các kết cấu đặc biệt như vỏ của nhà máy điện nguyên tử, các loại kho và bể chứa. Đây là phương pháp thi công cơ động, không đòi hỏi sân bãi và thiết bị cồng kềnh nên được ứng dụng rất rộng rãi trong thực tế sản xuất. Người ta còn áp dụng phương pháp này để tạo ứng suất trước cho những sợi cáp bọc hẳn phía ngoài kết cấu bê tông.




*Hình 3-85. Cấu tạo ống gen và neo*




*Hình 3-86. Các chi tiết của bộ phận neo*

### 3. Các phương pháp khác tạo ứng suất trước

Ngoài hai phương pháp căng trước và căng sau trong bê tông cốt thép ứng suất trước còn có các phương pháp khác ít được sử dụng hơn sau đây.

*a) Sử dụng bê tông tự tạo ra ứng suất trước bằng cách dùng xi măng nở*

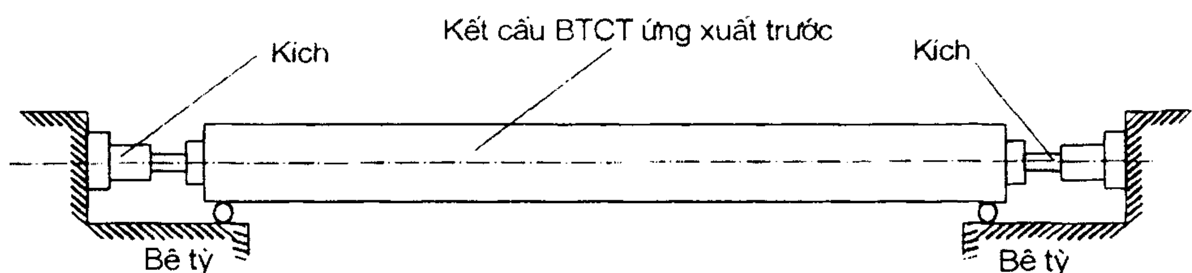
Theo phương pháp này khi cho nước tác dụng thì xi măng sẽ tăng thể tích, các cốt thép trong bê tông sẽ ngăn cản sự dãn nở này của xi măng, kết quả là trong bê tông có 1 lực nén khoảng 60-70kg/cm$^2$.

Người ta có thể sử dụng loại xi măng đặc biệt cho sự trương nở này. Song, thực tế cũng có thể biến xi măng Pooclăng thông thường thành loại xi măng đặc biệt này bằng cách trộn thêm phụ gia aluminat và thạch cao. Loại xi măng trương nở tự tạo ứng suất trước này dùng để chế tạo các kết cấu như bể chứa, cầu tàu, cọc, dầm, panen mái che cho nhà công nghiệp. Phương pháp này đôi khi còn được gọi là dùng phương pháp hoá học để tạo ứng suất trước.

*b) Dùng kích ép ngoài để tạo ứng suất trước*

Khác với 2 phương pháp căng trước và căng sau, kích đặt ở 2 đầu kết cấu không dùng để kéo căng cốt thép ra mà lại dùng để ép chặt cấu kiện bê tông lại, cáp hoặc cốt thép được neo vào các gối tựa.

Sau khi bỏ kích ra bê tông không bị nén nữa và trở về trạng thái bình thường thì sẽ tạo nên ứng suất trước (hình 3-87).

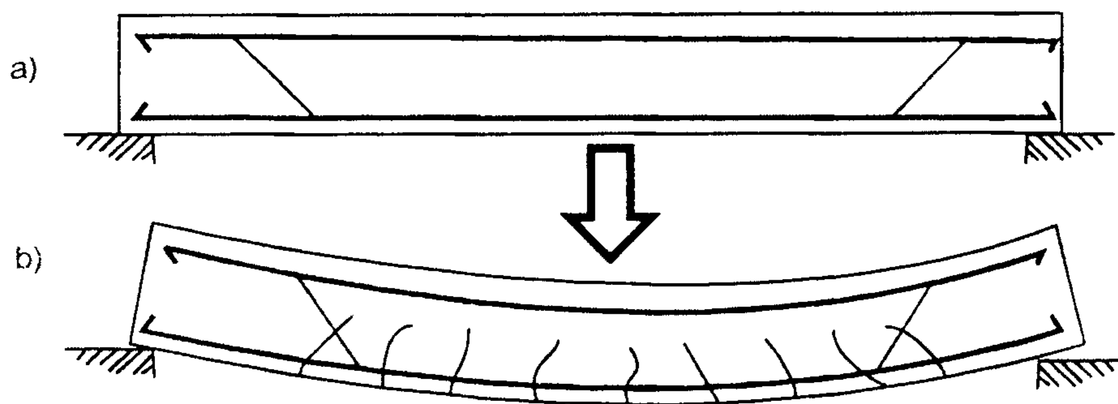



*Hình 3-87. Tạo ứng suất trước bên ngoài*

Công nghệ này được sử dụng để đổ các nhịp cầu đặc biệt là vòm có khẩu độ lớn.

### 4. So sánh sự làm việc của kết cấu bê tông cốt thép thông thường và bê tông cốt thép dự ứng lực

Sự làm việc khác nhau giữa kết cấu bê tông cốt thép thông thường và bê tông cốt thép dự ứng lực thể hiện ở hình 3-28 và 3-29.



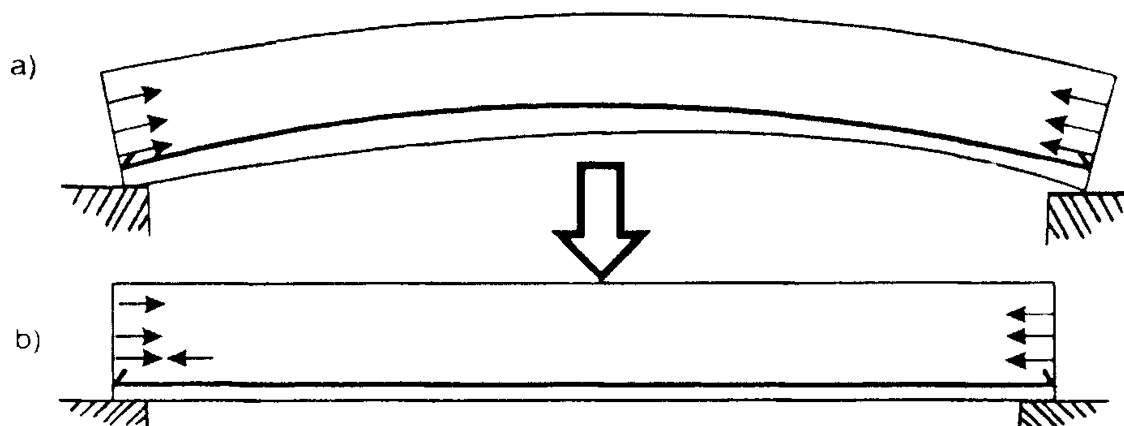

*Hình 3-88. Trường hợp BTCT thông thường*

*a. Khi không chịu tải;*

*b. Khi chịu tải xuất hiện các vết nứt dưới dầm, dầm bị võng.*

**5. Phân loại công trình BTCT ứng suất trước**

Sự xuất hiện vết nứt trong kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước là rất nguy hiểm, bởi vì nó có thể gây ra sự sụp đổ và phá hoại đột ngột do cáp bị rỉ hoặc bị mỏi trong quá trình xuất hiện và mở rộng vết nứt.




*Hình 3-89. Trường hợp BTCT ứng suất trước*

*a. Khi không chịu tải, chỉ có trọng lượng bản thân của dầm;*

*b. Khi chịu tải, dầm thẳng lại, không thấy xuất hiện các vết nứt.*

Do đó sự phân loại các công trình hoặc kết cấu bê tông cốt thép dự ứng lực chủ yếu dựa trên các yêu cầu về xuất hiện vết nứt ở bê tông. Có 3 loại như sau:

***a. Loại I***

Đó là các kết cấu hoàn toàn bị nén, bê tông trong công trình này luôn luôn bị nén kể cả khi chất tải.

*b. Loại II*

Loại công trình này bê tông có thể chịu kéo nhưng rất hạn chế sao cho kết cấu không có khả năng xuất hiện vết nứt hoặc nếu có thì cũng rất nhỏ dưới điều kiện cho phép.

*c. Loại III*

Đó là các công trình có thể cho phép xuất hiện vết nứt như trong các kết cấu bê tông cốt thép thông thường. Đối với loại công trình này lực tác dụng vào công trình không những chỉ cân bằng với lực gây ứng suất trước mà còn với cả lực kéo của cốt thép thường trong bê tông.

Để đảm bảo các yêu cầu rất cao về chống xuất hiện vết nứt trong kết cấu BTCT ứng suất trước thì cần phải tuân thủ rất nghiêm ngặt về vật liệu sử dụng và các quy định về tiết diện hoặc cấu tạo đối với các kết cấu này.

## IV. VẬT LIỆU DÙNG TRONG KẾT CẤU BTCT ỨNG SUẤT TRƯỚC

Bê tông cốt thép ứng suất trước đòi hỏi phải sử dụng vật liệu có chất lượng cao và thi công theo công nghệ tiên tiến.

### 1. Bê tông

Thành phần của bê tông gồm có: xi măng Porland, nước, cốt liệu và phụ gia (nếu cần thiết). Chất lượng của bê tông phải đặc biệt tốt. Vữa xi măng để phụt vào ống gen trong phương pháp căng sau thường có thêm phụ gia trương nở để dễ dàng lấp kín mọi kẽ hở trong ống gen.

Cấp phối của vữa bê tông.

**Cường độ chịu nén $\sigma_j$**

| Tuổi bê tông (ngày) j | | 3 | 7 | 28 | 90 | 365 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{\sigma_j}{\sigma_{28}}$ | P325 | 0,40 | 0,65 | 1,00 | 1,20 | 1,35 |
| | P400 | 0,55 | 0,75 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |

Cường độ chịu kéo: $\sigma'_j = 0{,}06\ \sigma_j + 6$ (bars)

- Cấp phối của vữa bê tông dùng trong BTCT ứng suất trước bao gồm:

+ Xi măng Porland: 350-450kg/$m^3$;

+ Nước Tỉ lệ nước/xi măng từ 0,3-0,45;

+ Cát: 500kg;

+ Sỏi hoặc đá dăm: 1300kg.

- Cường độ cần thiết đạt được theo BAEL

**Ứng suất cho phép chịu nén của bê tông**

| Quy phạm | $\frac{\bar{\sigma}}{\sigma_j}$ | Trạng thái chịu lực $\frac{\bar{\sigma}}{\sigma_{28}}$ | Trạng thái phá hoại $\frac{\bar{\sigma}}{\sigma_{28}}$ |
|---|---|---|---|
| Cầu đường | 0,55 | 0,42 | 0,70 |
| * Tổ chức kỹ thuật về ứng suất trước (ASP) | 0,6 | 0,42 | $\frac{1,0}{1,5} = 0,67$ |

* ASP - Association Scientifique de la Précontrainte

**2. Thép trong bê tông cốt thép ứng suất trước**

Thép dùng trong ứng suất trước là loại thép cứng, tức là thép có cường độ chịu lực rất cao. Thép có nhiều hợp chất các-bon ở tỉ lệ cao, không uốn dẻo được, cường dộ của thép thông thường là 12.000 ÷ 17.000kg/cm$^2$ hoặc hơn nữa.

Thường cường độ chịu ứng suất trước ban đầu của thép này rất sát với cường độ phá hoại của chúng, nhưng việc này không gây nguy hiểm vì ứng suất trong thép sẽ bị giảm dần theo thời gian.

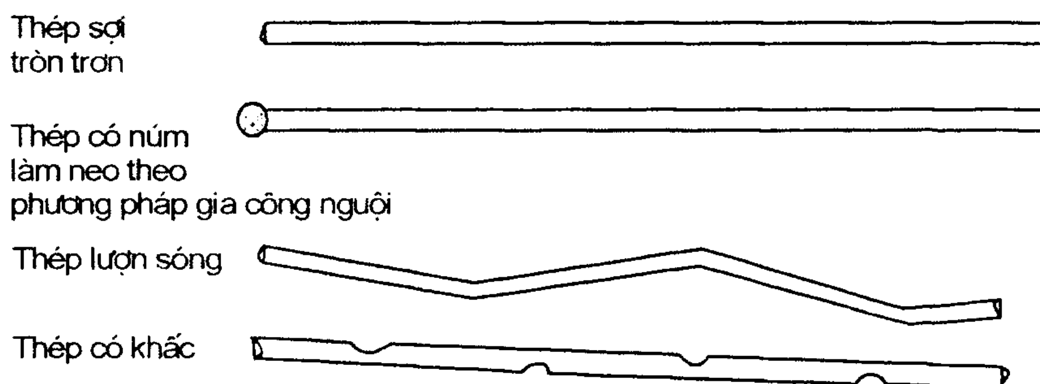
Các loại thép thông dụng được dùng trong bê tông cốt thép thường có :

***a. Thép sợi***

Loại thép này rất phổ biến là loại thép sợi tròn trơn có đường kích 5,7 hoặc 8mm (hình 3-90).

***b. Thép thanh***

Thép cây (đường kính > ϕ12mm) thường là thanh có chiều dài khoảng 12m. Trong phương pháp căng sau, người ta cũng dùng các thanh thép tròn có tạo các núm làm neo theo phương pháp gia công nguội, cốt thép lượn sóng hoặc có gờ.



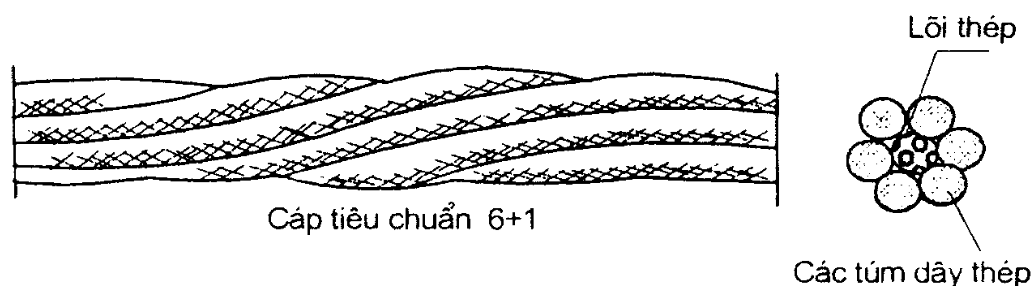

*Hình 3-90. Cáp dùng trong BTCT ứng suất*

### *c. Cáp*

Cáp bao gồm nhiều sợi lẻ có đường kính từ 2-5mm có thể quấn 1 hoặc nhiều lớp bao quanh 1 lõi ở giữa (hình 3-91).

**Cường độ phá hoại và giới hạn dẻo của thép dùng trong BTCT ứng suất trước. Theo BAEL**

| Cường độ phá hoại MPa | Thép sợi hoặc cáp | |
|---|---|---|
| | Trường hợp dãn nở bình thường | Trường hợp ít dãn nở |
| 1860 | 1581 | 1674 |
| 1760 | 1496 | 1584 |
| 1720 | 1462 | 1548 |
| 1650 | 1403 | 1485 |
| 1620 | 1377 | 1458 |
| 1550 | 1318 | 1395 |
| | Thanh trơn | Thanh có gờ |
| 1030 | 875 | 824 |
| 1080 | - | 864 |
| 1100 | 935 | 880 |



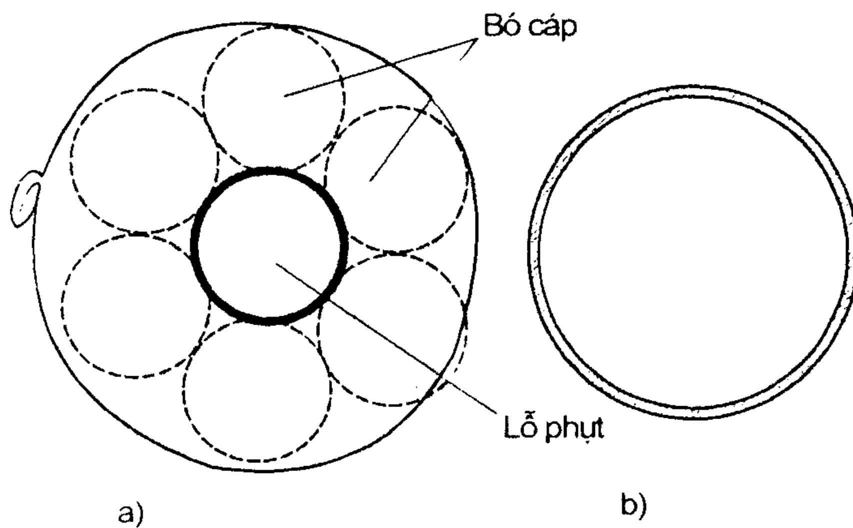

*Hình 3-91. Cáp dùng trong BTCT ứng suất*

Có loại cáp gồm nhiều túm dây thép, thông thường ta hay gặp loại cáp có 1, 6, 12, 18... túm dây thép

**3. Ống gen (*hình 3-92*)**

Có 2 loại ống gen được dùng trong BTCT ứng suất trước:

- Một là loại bằng tôn mỏng 0,2-0,3mm có pha chì để làm giảm ma sát cuộn mép và cuốn theo kiểu xoắn ruột gà.




***Hình 2.92.***

*a. Ống gen bằng tôn mỏng; b. Ống gen bằng thép ống*

- Hai là ống gen bằng các loại ống kim loại, ống tròn trơn có bề dày 2-4mm. Yêu cầu ống gen là phải chống thấm tốt để giữ cho nước xi măng không thấm vào ống trong quá trình đổ bê tông và bảo vệ cáp, ống phải bền không bị hư hỏng biến dạng trong quá trình thi công. Tuy nhiên, ống lại phải mềm để đặt cong theo thiết kế và ma sát giữa ống gen với cáp không được quá lớn (vì nếu không sẽ bị giảm nhiều lực ứng suất trước do tổn hao ứng suất).

**4. Vữa phụt**

Sau khi căng cáp và neo, cần lấp đầy kẽ hở trong ống gen bằng vữa xi măng.

Vữa được phụt vào ống gen dưới áp lực khoảng 6atm

Vữa phụt là một hỗn hợp bao gồm:

Nước - Xi măng (Tỉ lệ $\frac{N}{X} = 0,45$), phụ gia và đôi khi có cả cát.

Độ trương nở của vữa khoảng 5-10%

Tỉ lệ sử dụng cho loại vữa này thông thường như sau:

- 20kg xi măng Pooc-lăng;
- 0,6kg phụ gia trương nở;
- 8 lít nước;
- 4kg cát mịn (đường kính ≤ 0,2mm).

Cường độ chịu nén sau 7 ngày ít nhất phải đạt 200kg/cm$^2$

Nhiệm vụ của vữa phụt là:

- Bảo vệ cáp ứng suất trước chống gỉ;
- Tạo dính kết giữa cáp và bê tông. Sự dính kết này rất cần thiết để đảm bảo sự làm việc của kết cấu.

### 5. Cốt thép thường trong kết cấu BTCT ứng suất trước

Đối với kết cấu BTCT ứng suất trước bao giờ người ta cũng sử dụng thép gai để tạo sự dính kết tốt giữa bê tông và thép.

Tuy nhiên ở một số cấu kiện sàn BTCT ứng suất trước đối với cốt thép thường nếu dùng lưới hàn sẵn thì người ta cũng có thể sử dụng thép tròn trơn hoặc thép có gờ đặt vuông góc với nhau theo 2 hướng với khoảng cách không đổi.

## V. CẤU TẠO CÁC KẾT CẤU BTCT ỨNG SUẤT TRƯỚC

Dạng của các kết cấu BTCT ứng suất trước so với các kết cấu bê tông thường nhìn chung là giống nhau, chỉ có điều là nhịp (khẩu độ) của chúng lớn hơn và độ mảnh cũng lớn hơn.

### 1. Cốt thép thường (cốt thép cấu tạo)

Trong kết cấu BTCT dự ứng lực cũng bố trí tương tự như trong kết cấu thường.

**2. Cốt thép ứng suất trước theo phương pháp căng trước**

- Khoảng cách của cốt thép ứng suất trước từ trục đến trục không được nhỏ hơn 3 lần đường kính của chúng.

- Khoảng cách lớp bảo vệ không được nhỏ hơn 2,5 lần đường kính của chúng. Đây là điều kiện đảm bảo sự liên kết và làm việc của cốt thép.

Ngoài ra lớp bảo vệ còn phải tuân thủ các điều kiện sau đây:

≥ 1cm đối với công trình được che phủ không có lực tập trung;

≥ 3cm đối với công trình chịu ảnh hưởng của thời tiết, chịu lực tập trung hoặc tiếp xúc với chất lỏng;

≥ 5cm đối với các công trình xâm thực.

**3. Cốt thép ứng suất trước theo phương pháp căng sau**

***a. Loại gen và bán kính cong R của ống***

Tùy theo loại gen mà bán kính cong R của ống phải thoả mãn các điều kiện tối thiểu sau đây:

- Gen bằng thép mỏng cuộn: R ≥ 3m;

- Gen cứng uốn bằng thủ công: $R \geq 100\phi_i$ ($\phi_i$ đường kính trong của ống gen);

- Ống cứng: R ≥ 3m;

Việc tập hợp những nhóm cốt thép ứng suất trước phải thoả mãn những điều kiện sau đây:

- Số ống gen trong mỗi bó được hạn chế:

+ Theo hướng ngang là 2 nếu $\phi \leq 5$cm;

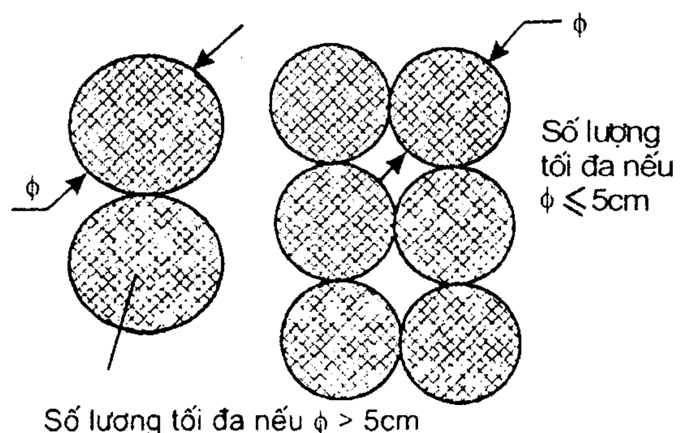
là 1 nếu $\phi > 5$cm.

+ Theo phương dọc

là 3 nếu $\phi \leq 5$cm;

là 2 nếu $5 < \phi < 10$ cm;

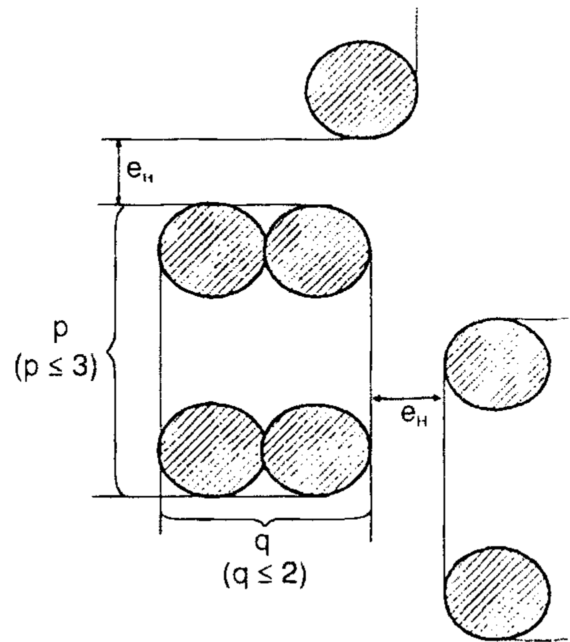
là 1 nếu $\phi \geq 10$cm.



(ϕ đường kính ngoài của ống gen)

- Sự ổn định và chắc chắn của ống gen trong quá trình thi công

- Khả năng làm việc của các ống gen trong khi phụt bê tông và các thao tác khác trong ứng suất trước mà không bị biến dạng.




***b. Khoảng cách của cốt thép ứng suất trước***

Gọi: $e_H$ - Khoảng cách theo phương ngang;

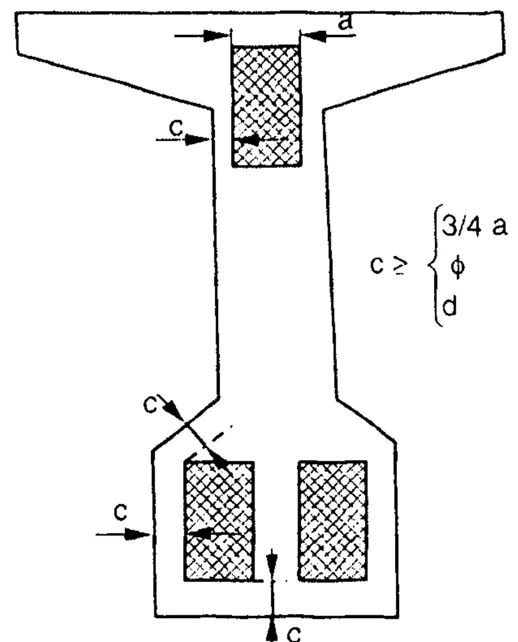
$e_V$ - Khoảng cách theo phương đứng;

ϕ - Đường kính ngoài của ống gen.

Ta sẽ có:

$$e_V \geq \begin{cases} 1\ \phi \text{ nếu } q = 1 \\ 1{,}2\ \phi \text{ nếu } q = 2 \\ 4\text{cm} \end{cases}$$

$$e_H \geq \begin{cases} 1{,}5\ \phi \text{ nếu } p = 3 \\ 1\ \phi \text{ nếu } p = 2 \\ 1{,}5\ \phi \text{ nếu } q = 2 \\ 5\text{cm} \end{cases}$$




Trong đó :

q- số lượng hàng ngang của ống gen;

p - số lượng cột dọc của ống gen.

***c. Lớp bảo vệ của cốt thép ứng suất trước***

Lớp bảo vệ bê tông cốt thép ứng suất trước tối thiểu C của ống gen hoặc một nhóm nhiều ống gen của cốt thép ứng suất trước cần thiết phải thoả mãn các điều kiện sau đây:

Trong đó:

a- Kích thước ngang của ống gen hoặc tập hợp một nhóm ống gen;

d- 3,4 hay 5 cm tùy môi trường làm việc của cấu kiện.

VI. TỔN HAO ỨNG SUẤT TRONG KẾT CẤU BTCT ỨNG SUẤT TRƯỚC

Có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến sự giảm khả năng làm việc trong thép của kết cấu BTCT ứng suất trước, chẳng hạn:

- Lực ma sát giữa cáp và ống gen phụ thuộc vào chiều dài của cáp;

- Trong quá trình làm việc cáp được liên kết với bê tông nhờ neo ở 2 đầu và nhờ lớp vữa phun ở trong ống gen. Song, do bê tông bị co ngót, do từ biến, cáp bị dãn dài... làm cho lực căng của cáp cũng bị giảm đi.

Hiện tượng giảm khả năng làm việc này là do đặc tính của vật liệu, do phương pháp tạo ứng suất trước, do biện pháp thi công... và được gọi là sự tổn hao (hay sự mất mát) ứng suất trong BTCT ứng suất trước.

Để nghiên cứu kỹ càng sự mất mát ứng suất này người ta chia chúng thành 3 loại khác nhau:

(1) Mất mát trong quá trình kéo và neo cốt thép;

(2) Mất mát ứng suất do biến dạng đàn hồi tức thì của bê tông;

(3) Các mất mát ứng suất khác do sự dãn nở của thép và từ biến của bê tông

Cần chú ý là thi công theo phương pháp căng trước thì một phần sự mất mát do sự dãn dài của thép đã diễn ra trước khi có sự mất mát do co ngót đàn hồi của bê tông. Sự dãn dài này được tính toán từ lúc kéo và neo cốt thép trên bệ cho tới lúc bỏ neo.

Trong thi công cần phải nghiên cứu kỹ các tổn hao ứng suất này vì việc sử dụng vật liệu, phương pháp thi công, thiết bị sử dụng sẽ có ảnh hưởng rất lớn.

**1. Mất mát ứng suất trong quá trình kéo và neo cốt thép**

***a. Mất mát hoặc tổn hao ứng suất do ma sát***

Khi kéo căng cáp không thể tránh khỏi sự ma sát giữa cáp và ống gen. Điều này dẫn đến lực kéo trong giây cáp bị giảm.

Sự tổn hao ứng suất do ma sát lại được chia làm 2 loại:

*(1) Tổn hao ứng suất đối với các loại cáp đặt cong:*

Gọi $F = A\sigma_a$ là lực kéo căng cáp ở đầu đoạn cong;

A - tiết diện sợi cáp;

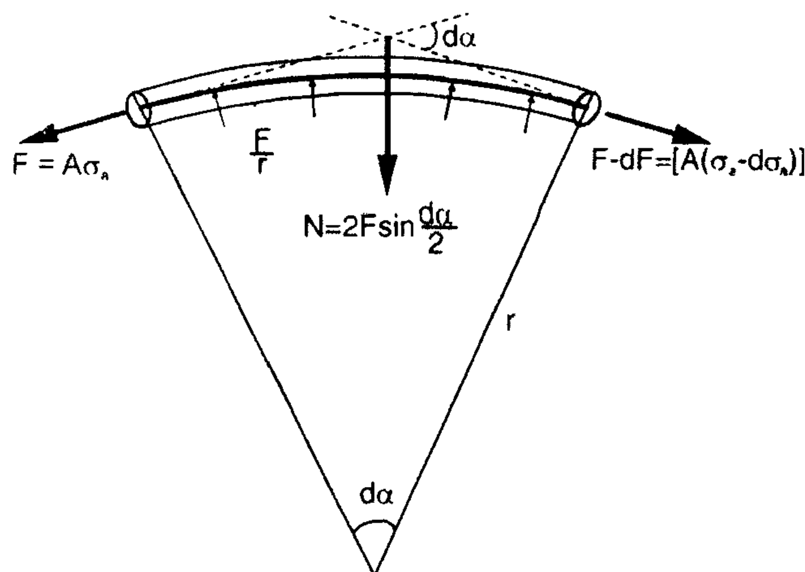
$\sigma_a$ - ứng suất kéo của cáp;

f - hệ số ma sát giữa cáp và bê tông;

r - đường kính cong của cáp.

Người ta đã tính toán và đưa ra được công thức:

$$\frac{dF}{F} = fd\alpha$$




*(2) Tổn hao ứng suất đối với các loại cáp đặt thẳng:*

Trong thực tế không bao giờ có những ống gen đặt thẳng tuyệt đối mà do quá trình đặt có sai sót, do bê tông làm đầu ống gen bị xê dịch đi, mặt khác do độ võng của cáp, do trọng lượng bản thân..., tất cả những cái đó tạo nên sự ma sát giữa cáp và gen dẫn đến tổn hao ứng suất. Qua nghiên cứu người ta thấy ứng suất này không lớn lắm và được phân bố đều trên mỗi đơn vị của chiều dài dây cáp.

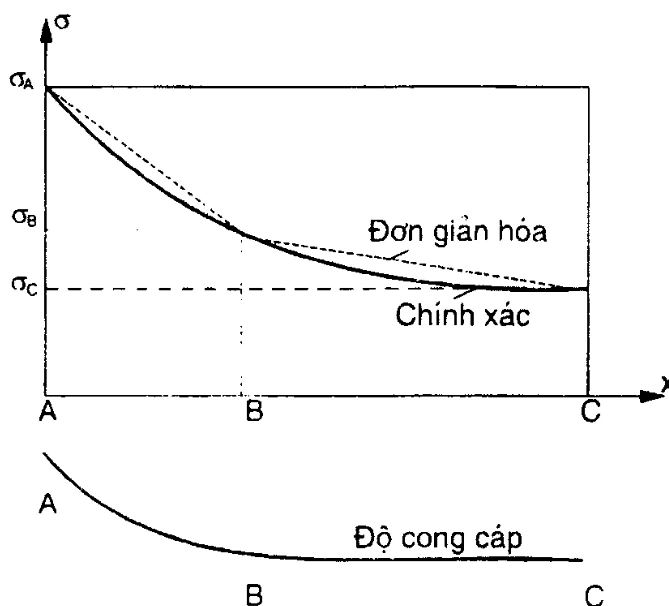
Gọi $F_0$ là lực kéo cáp ở điểm neo, ta sẽ có lực ở một điểm x bất kỳ theo công thức:

$$F_0 = F_x (1 + f\alpha + \varphi x)$$

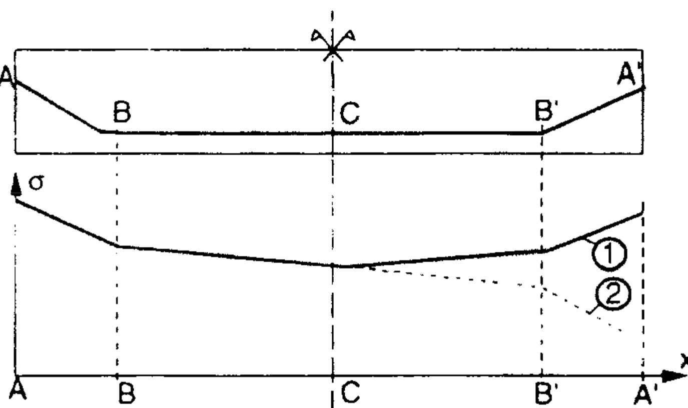
Sai số $\approx 1,8\%$

Trong đó: $\alpha$ - góc cong của cáp;

f - hệ số ma sát giữa cáp và bê tông. Hệ số này thường giao động từ 0,15-0,30 (trường hợp cá biệt dùng ống gen cứng có thể lấy f = 0,10)




*Hình 3-93. Biểu đồ lực hay biểu đồ ứng suất trong cáp sau khi kéo*




*Hình 3-94. Biểu đồ lực căng theo chiều dài của cáp*

*① Biểu đồ lực căng khi kéo cáp ở cả 2 đầu A và A'*

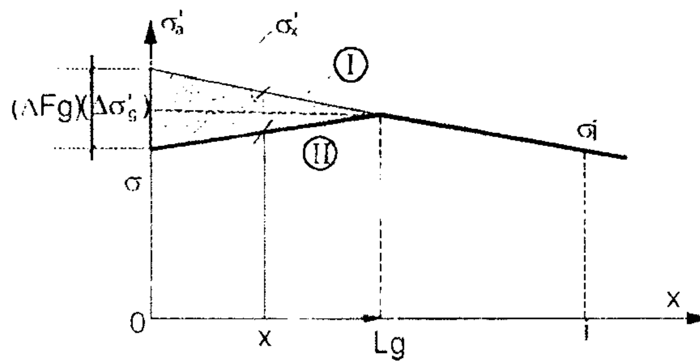
*② Biểu đồ lực căng khi kéo cáp chỉ ở 1 đầu A*

$\varphi$ - hệ số ma sát đối với cáp đặt thẳng, giao động từ $1,4 \times 10^{-3} \div 3,7 \times 10^{-3}$/m

***b. Tổn hao ứng suất trước do neo cáp***

Trong tất cả các phương pháp thi công BTCT ứng suất trước, khi neo cáp bê tông bị ép lại và những biến dạng của neo làm cho lực kéo bị tổn thất (hình 3-95).

Sự dịch chuyển của cáp vào bê tông bị hãm lại do lực ma sát giữa cáp và gen. Nếu sự chuyển dịch này $\leq$ 1mm thì tổn hao ứng suất này có thể bỏ qua. Gọi:




*Hình 3-95. Biểu đồ ứng suất trong cáp trước và sau khi neo cáp*
*(I) Trước khi neo; (II) Sau khi neo*

$\Delta F_g$ - tổn hao ứng suất do neo;

$\Delta F_i$ - tổn hao ứng suất do ma sát ở tiết diện i bất kỳ nào đó;

$E_a$ - môdyn đàu hồi của thép;

A - tiết diện cáp;

g - trị số chuyển dịch của cáp vào bê tông;

$L_g$ - Chiều dài ảnh hưởng của cáp do sự chuyển dịch.

Ta có:

$$L_g = \sqrt{\frac{gAE_a\sigma_i}{\Delta F_i}}$$

$$\Delta F_g = \frac{2gAE_a}{L_g}$$

Cần chú ý là nếu lực ma sát giữa cáp và bê tông càng lớn thì tổn hao ứng suất do neo cũng càng lớn.

Trong trường hợp căng trước không có ma sát giữa cáp và ống gen nhưng vẫn có sự trượt giữa bê tông và cốt thép, sự chuyển dịch này tác động trên suốt chiều dài của thép vì vậy $L_g = L$ và sự tổn hao ứng suất do neo cáp trong trường hợp căng trước sẽ là:

$$\Delta F_g = \frac{g}{L}AE_a$$

Trong công thức này thì g là trị số tổng cộng chuyển dịch của cả 2 đầu neo.

**2. Mất mát ứng suất do biến dạng đàn hồi tức thì của bê tông**

Khi tạo ứng suất trước bê tông bị nén và co lại làm mất đi một phần lực căng trong thép.

Sự tính toán tổn hao ứng suất này sẽ khác nhau tuỳ phương pháp căng trước hay căng sau.

***a. Phương pháp căng trước***

So với phương pháp căng sau thì phương pháp căng trước tổn thất ứng suất do biến dạng đàn hồi của bê tông sẽ lớn hơn và được tính theo công thức:

$$\Delta F_c = \frac{\sigma_{ha}}{E_h} A.E_a$$

$\frac{\sigma_h}{E_h}$ : biến dạng đàn hồi đơn vị của bê tông;

$\sigma_{ha}$ : ứng suất trong bê tông ở vị trí của thép ứng suất trước

$$\sigma_{ha} = \frac{F_x}{B} + \frac{F_x e^2}{I} + \frac{Me}{I}$$

Trong đó:

$F_x$ - lực kéo ứng suất trước tại tiết diện x;

e - độ lệch tâm của $F_x$ (cáp hay ống gen);

M - moment uốn do trọng lượng bản thân cấu kiện gây ra tại tiết diện x;

B - tiết diện kết cấu bê tông;

I - moment quán tính của tiết diện bê tông.

Lực ứng suất trước của tiết diện i trước khi tính tổn hao do biến dạng đàn hồi là:

$$F_i = F_x + \Delta F_c$$

***b. Phương pháp căng sau***

Nếu cấu kiện chỉ có một sợi dây cáp, hoặc nếu nhiều sợi nhưng tất cả đều được kéo đồng thời thì tổn thất do biến dạng đàn hồi của bê tông sẽ bằng không.

Nhưng nếu cấu kiện được tạo ứng suất trước bằng nhiều sợi cáp và kéo không đồng thời thì sẽ có ảnh hưởng đến bê tông và gây mất mát ứng suất, sự ảnh hưởng lẫn nhau này trong tính toán sẽ rất phức tạp và khó khăn. Để đơn giản nếu tiết diện cấu kiện có N sợi cáp lực kéo tương tự như nhau thì mất mát ứng suất trước sẽ là:

$$\Delta F_c = \frac{N-1}{2N}\left(\frac{\sigma_{ba}}{E_b}\right)AE_a$$

Trong BPEL (Béton Précontraint aux Etats Limites) người ta cho:

$$\Delta F_a = \frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_{ba}}{E_b}\right)AE_a \text{ với } \frac{E_a}{E_b} = 6$$

**3. Các mất mát ứng suất trước khác**

Các hiện tượng khác cũng gây ra sự mất mát ứng suất như là từ biến của bê tông, sự dãn dài của thép.

Cần chú ý rằng hiện tượng từ biến của bê tông và dãn dài của thép xảy ra trong điều kiện lực tác dụng không phải là cố định.

***a. Mất mát ứng suất ở một thời điểm t bất kỳ do từ biến của bê tông***

$$\Delta F_{rb} = \varepsilon_{rt}.AE_a$$

$\varepsilon_{rt}$ - từ biến đơn vị của bê tông tại thời điểm t bất kỳ.

$$\varepsilon_{rt} = \varepsilon_r.K_{rh}.K_f.K_r[f_{r(t)} - f_{r(t_0)}]$$

$K_{rh}$ - hệ số ảnh hưởng của độ PH (Pourcentage d' humidite)

Nếu PH < 70 thì $K_{rh}$ = 1,35 - 0,0070 PH

PH ≥ 70 thì $K_{rh}$ = 2,87 - 0,0287 PH

$K_f$ - hệ số ảnh hưởng của hình dáng cấu kiện (Tỷ số: khối lượng/ diện tích)

Nếu $\frac{V}{S} < 150mm$ thì $K_f = 1,13 - 0,0035\frac{V}{S}$

$\frac{V}{S} \geq 150mm$ $K_f = 0,61$

$K_r$ - Hệ số tính đến ảnh hưởng của mật độ cốt thép thường

$K_r = 0,975 - 0,83$

$\varepsilon_r$ - từ biến đơn vị tại thời điểm cuối cùng (retrait final);

$f_{rt}$ - ảnh hưởng của thời gian đối với từ biến:

Trường hợp thông thường $f_{rt} = \frac{t}{35+t}$ (t - ngày)

Thời gian bắt đầu: $t_o = 0, f_r(t_o) = 0$

| $E_b$ (MPa) | $\varepsilon_r$ |
|---|---|
| 24000 | $698\times10^{-6}$ |
| 28000 | $626\times10^{-6}$ |
| 32000 | $554\times10^{-6}$ |
| 36000 | $482\times10^{-6}$ |
| 40000 | $410\times10^{-6}$ |

***b. Mất mát ứng suất do từ biến của bê tông đối với một tiết diện bất kỳ và ở một thời điểm bất kỳ:***

$$\Delta F_f = \varepsilon_{ft}.\sigma_{ba}.A.E_a$$

$\varepsilon_{ft}$ - từ biến đơn vị của bê tông ở một thời điểm t bất kỳ trong trường hợp kết cấu bị nén ứng suất trước 1 MPa. Trường hợp thông thường thì:

Nếu $E_b \leq 28000$ MPa thì $\varepsilon_{ft} = (627 - 0,019\ E_b)\times10^{-6}$

Nếu $E_b > 28000$ MPa thì $\varepsilon_{ft} = (235 - 0,005\ E_b)\times10^{-6} > 25\times10^{-6}\ (MPa)^{-1}$

$\sigma_{ba}$ - ứng suất trong bê tông ở vị trí của thép ứng suất trước:

$$\sigma_{ba} = \frac{Fx}{B} + \frac{F_x.e^2}{I} + \frac{M.e}{I}$$

***c. Mất mát ứng suất do dãn dài thép***

$$\Delta F_r = A.\Delta\sigma_\rho$$

Trong đó:

$\Delta\sigma_\rho$ - mất mát ứng suất đơn vị trong một khoảng cách thời gian ρ;

Để đơn giản hoá trong tính toán quy phạm cho phép tính $\Delta\sigma_\rho$ theo trị số lớn của 2 đại lượng sau đây:

$$11\rho_{120}\left(\frac{\sigma_i}{R_G} - 0,55\right)\sigma_i$$

và $$8\rho_{1000}\left(\frac{\sigma_i}{R_G} - 0,55\right)\sigma_i$$

Trong đó:

$\rho_{120}$ và $\rho_{1000}$ là mất mát ứng suất đơn vị do dãn dài của thép sau 120 và 1000 giờ ở nhiệt độ 20°C;

$\sigma_i$ - ứng suất kéo khởi đầu của cáp;

$R_G$ - cường độ phá hoại của cáp.

Mất mát ứng suất do dãn dài của thép có thể bỏ qua nếu:

$$\sigma_i \leq 0,55R_G$$

VII . ỨNG DỤNG CỦA KẾT CẤU BTCT ỨNG SUẤT TRƯỚC

Kết cấu BTCT ứng suất trước được sử dụng trước tiên và phổ biến đối với các công trình cầu. Sau đó dần dần nó được phát triển và sử dụng với mọi loại công trình khác.

Người ta đã sử dụng ứng suất trước trong nhiều dạng cấu kiện khác nhau như: dầm, sàn, cột, tường, vỏ mỏng, cọc... Ngoài ra, bê tông ứng suất trước còn được sử dụng làm các thanh căng, trong kết cấu của tuy nen, tường chắn đất và các loại móng đặc biệt.

Về mặt tiết kiệm vật liệu, có thể thấy ngay rằng kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước sẽ đòi hỏi ít thép và bê tông hơn kết cấu bê tông thường trong cùng một điều kiện làm việc. Bởi vì kết cấu làm việc hợp lý hơn và vật liệu có chất lượng cao hơn.

Sử dụng kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước cho phép tiết diện kết cấu nhỏ hơn và khẩu độ kết cấu lớn hơn so với bê tông cốt thép thông thường. Cùng một kích thước tiết diện, cùng một ứng suất thì độ cứng của kết cấu BTCT ứng suất trước gấp 3 đến 4 lần độ cứng của kết cấu BTCT thông thường.

Các kết cấu BTCT ứng suất trước được sử dụng rộng rãi trong thực tế bao gồm:

**1. Thanh căng của vòm cuốn**

Thanh căng là một kết cấu chịu kéo thuần tuý, do đó nếu dùng bê tông làm thanh căng thì nhất thiết phải sử dụng kết cấu ứng suất trước đặc biệt trong các công trình khẩu độ lớn. Rất nhiều công trình điểm tựa của vòm cuốn không đủ khả năng chịu lực đẩy của vòm khi tải trọng tác dụng lên vòm. Song, nếu dùng kết cấu BTCT ứng suất trước thì chúng ta có thể khắc phục tình trạng này bằng cách tạo ra một lực kéo trong các thanh căng để triệt tiêu lực đẩy.

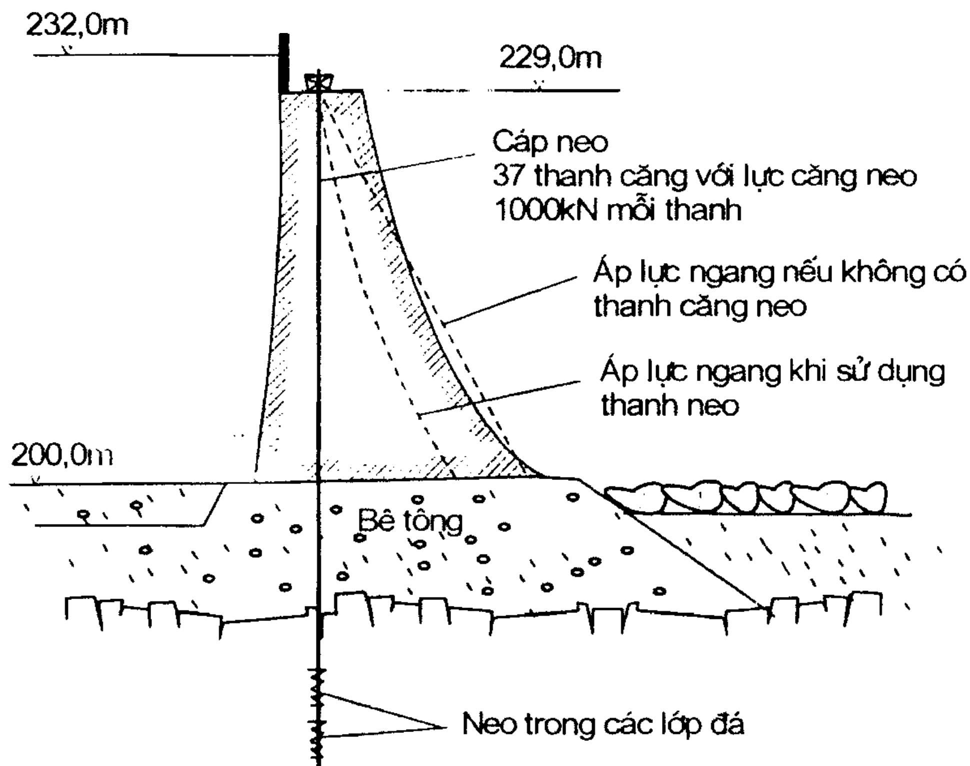
*Thí dụ:* Trong xây dựng công trình CNIT ở Paris (Pháp) người ta đã làm các thanh căng chịu được tới 350 tấn lực.

Cầu ở Bow-String qua sông Sarthe có nhịp dài 65m bằng các vòm tròn bê tông thường nhưng mặt cầu là các thanh căng lại dùng BTCT ứng suất trước.

**2. Dùng để neo các đập nước và các công trình xuống các lớp đá sâu** (hình 3-96)

*Thí dụ:* Trong xây dựng đập Cheurfas ở Algeria, nhà ở Paris, tháp vô tuyến ở Moscow...

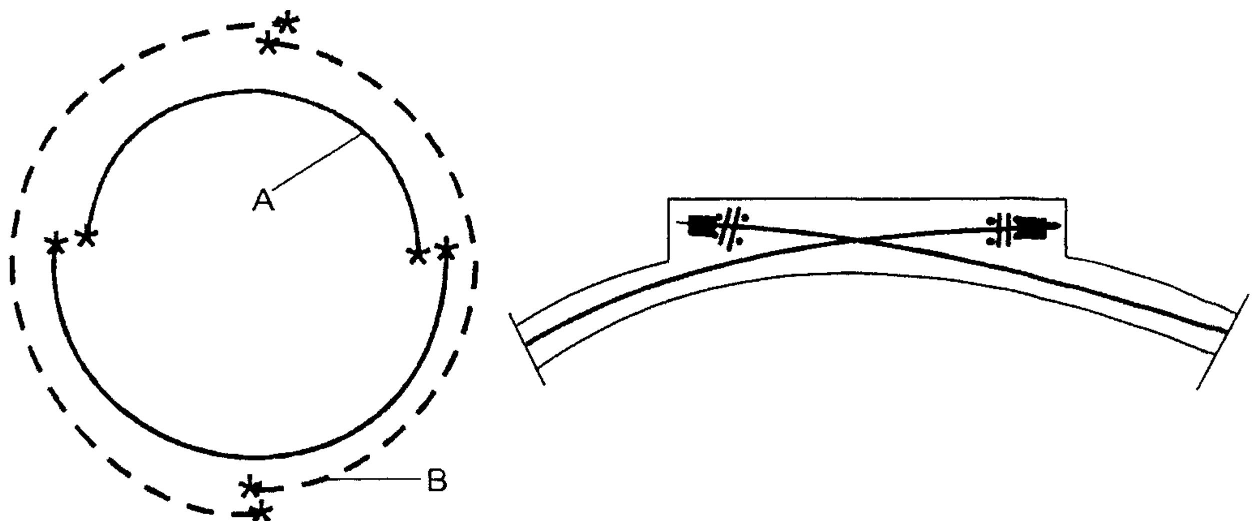
Người ta cũng dùng kết cấu BTCT ứng suất trước để làm neo chống nổi cho các công trình trong mùa nước dâng cao, làm móng cọc cho các móng chịu lực kéo...




*Hình 3-96. Cấu tạo của đập Cheurfas ở Algeria*

### 3. Dùng làm đai của các bể chứa hình trụ (hình 3-97)

Có thể tiến hành thi công theo 2 phương pháp:




*Hình 2.97. Đai ứng suất trước các bể chứa hnh trụ*
*A. Lớp trong; B. Lớp ngoài.*

(1) Đặt các ống gen trong các dầm nổi chung quanh thành bể, mỗi dầm có thể có nhiều đoạn thép và có thể kéo căng tạo ứng suất trước ở

một hoặc cả hai đầu đoạn cáp. Việc phân chia mỗi dầm đai thành 2 hoặc nhiều đoạn là để giảm bớt mất mát ứng suất và để ứng suất trong cáp đồng đều.

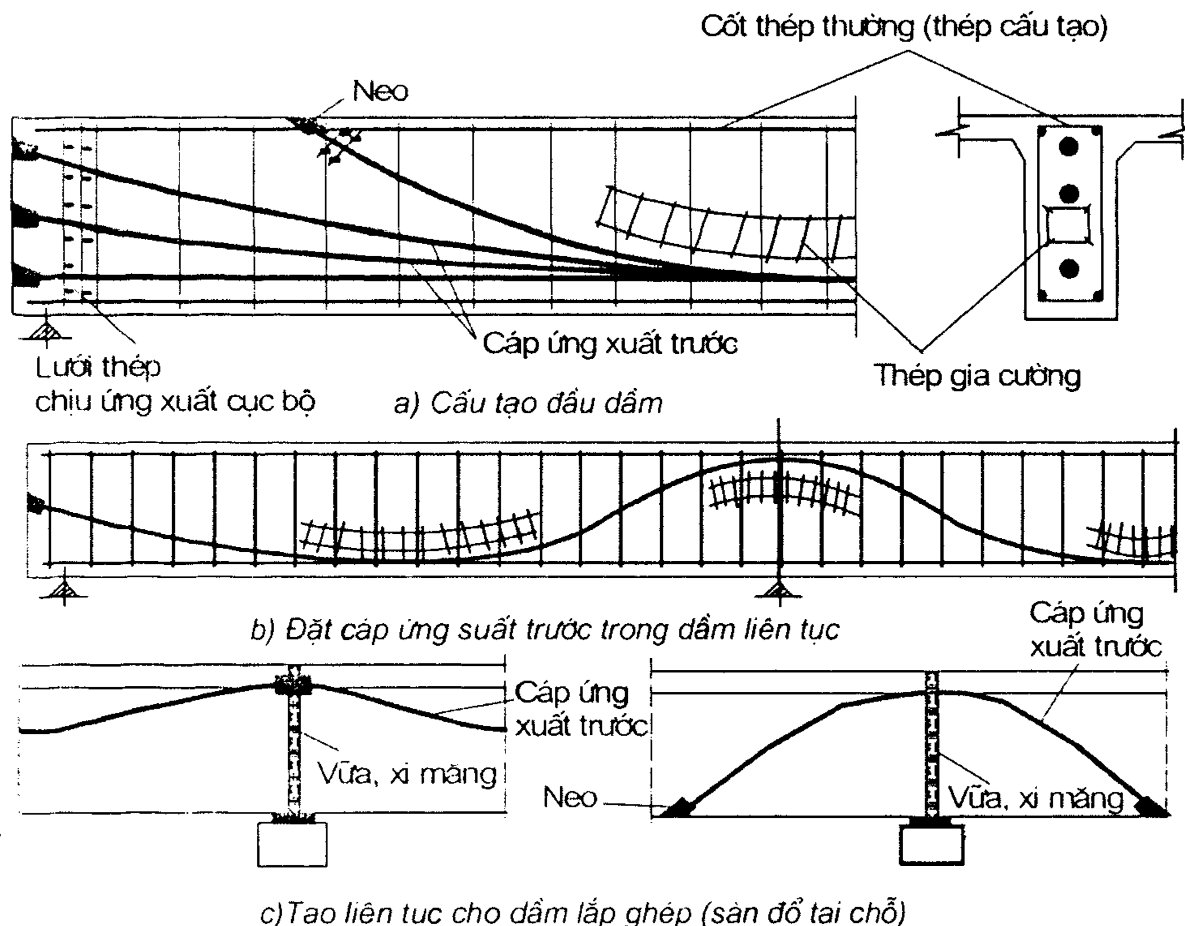
(2) Có thể quấn phía ngoài thành bê tông của bể chứa những đường xoắn lò xo liên tục dưới một áp lực kéo nào đó. Sau đó bảo vệ lớp thép ứng suất trước này bằng một lớp vữa đặc biệt chống thấm và theo dõi thường xuyên.

**4. Các loại dầm (hình 3-98)**

***a. Dầm đơn giản:***

Dầm đơn giản được sử dụng trong các trường hợp sau đây:

- Khẩu độ chỉ có một nhịp;
- Các gối tựa có thể lún nhiều;




*Hình 3-98. Đặt cáp ứng suất trước trong*

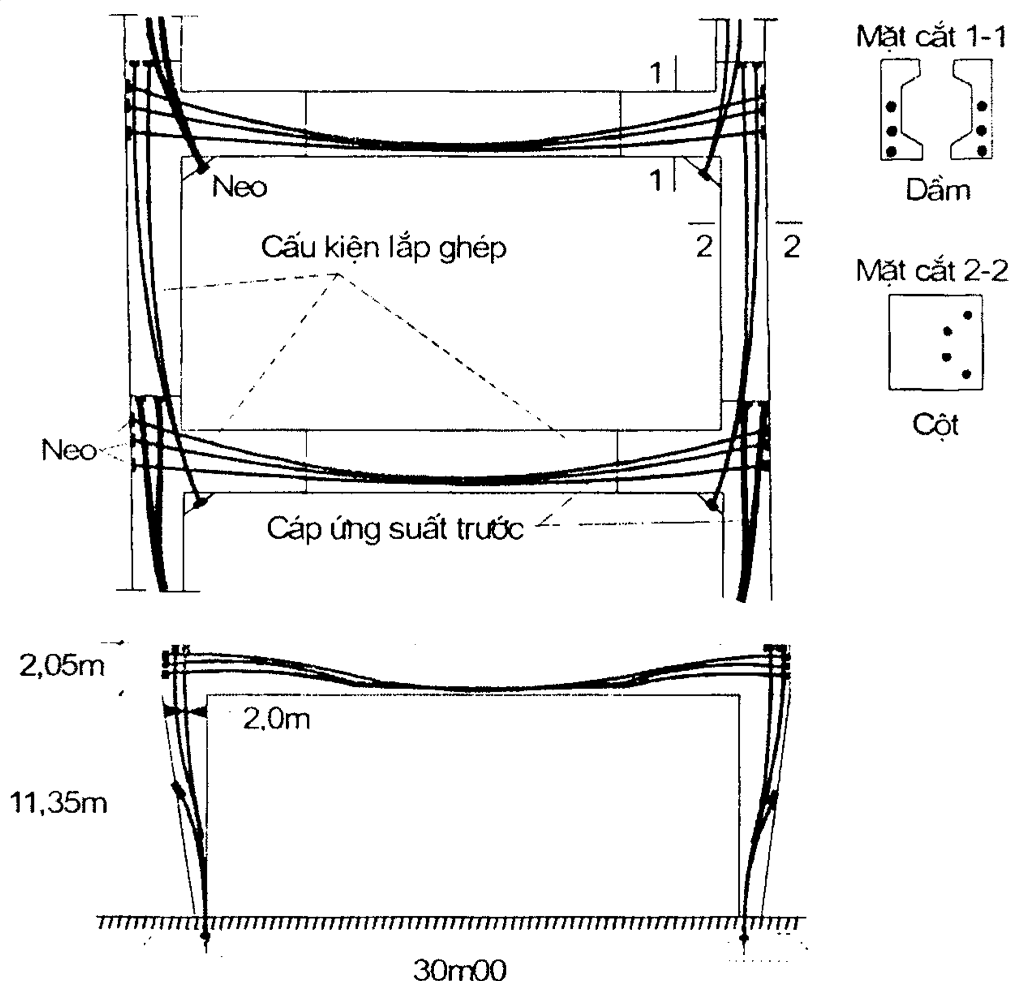
- Các khẩu độ giống nhau, có thể sản xuất hàng loạt theo tiêu chuẩn. Đối với dầm BTCT ứng suất trước loại này thường có khẩu độ

biến động từ 20-55m. Nếu dùng khẩu độ lớn hơn thì sẽ không kinh tế vì dầm sẽ rất lớn và nặng.

***b. Dầm liên tục***

Nếu dầm khẩu độ khác nhau mà chế tạo hàng loạt dầm đơn giản thì sẽ không có lợi, vì chiều cao dầm sẽ khác nhau; hoặc trường hợp có nhu cầu phải liên kết chắc chắn giữa dầm và cột thì nên dùng phương pháp chế tạo dầm liên tục.

Dầm BTCT ứng suất trước có thể thay đổi độ cao. Cạnh gối tựa chiều cao của dầm lớn hơn giữa nhịp, để dầm chịu lực cắt tốt hơn. Mặt khác như vậy dễ dàng hơn trong việc đặt ống gen cũng như trong thi công kéo cáp.




***Hình 3-99.*** *Khung nhà công nghiệp 1 tầng gồm 3 cấu kiện và khung nhà nhiều tầng gồm nhiều chi tiết lắp ghép bằng BTCT ứng suất trước (ở Italy)*

***c. Dầm cầu***

Chiều cao của dầm BTCT ứng suất trước thường trong khoảng 1/16 ÷ 20 khẩu độ của nhịp cầu.

Dầm cầu lớn nhất BTCT ứng suất trước dài 204m của cầu Bendort qua sông Rhin.

**5. Khung BTCT ứng suất trước (hình 3-99)**

Khung BTCT ứng suất trước có thể chế tạo bằng phương pháp đổ tại chỗ hoặc lắp ghép.

Khung lắp ghép gồm nhiều chi tiết có đặt rãnh cáp, các nút khung cứng. Khi kéo cáp tạo ứng suất trước xong cáp được neo vào đầu các cấu kiện. Việc bố trí số lượng và vị trí của cáp ứng suất trước phụ thuộc vào biểu đồ moment uốn

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Huy Côn

*Các công nghệ xây dựng thích hợp*. Hà Nội - Bộ Xây dựng 1992

2. Lê Văn Kiểm

*Kỹ thuật thi công*. Hà Nội - 1967

3. Công nghệ xây dựng nhà cao tầng.

*Báo cáo tổng kết của Viện KHKT Xây dựng*. Hà Nội - 1995.

4. Nguyễn Bá Kế

*Thi công cọc khoan nhồi*. Hà Nội - 1997.

5. Triệu Tây An và nhóm tác giả

*Hỏi đáp thiết kế và thi công kết cấu nhà cao tầng*. Hà Nội - 1996.

6. Nguyễn Thế Phùng

*Công nghệ thi công công trình ngầm bằng phương pháp tường trong đất*. NXB Giao thông Vận tải. Hà Nội - 1998.

7. Hoàng Văn Tân, Trần Đình Ngô

*Những phương pháp xây dựng công trình trên nền đất yếu*. NXB Xây dựng. Hà Nội - 1998.

8. Nguyễn Ngọc Bích (chủ biên)

*Đất xây dựng - Địa chất công trình và kỹ thuật cải tạo đất trong xây dựng*. NXB Xây dựng. Hà Nội - 2001.

9. Nguyễn Trấp, Nguyễn Mạnh Đầu

*Một số kết quả nghiên cứu ứng dụng bằng thoát nước thẳng đứng và cọc đất - vôi, đất - ximăng ở Việt Nam.*

10. *Hội thảo chuyên đề về địa kỹ thuật của Viện KHKT Xây dựng, Bộ Xây dựng và Viện Địa kỹ thuật Thụy Điển, 1993-1995.*

11- Влоховяк З.

*Анализ вывора оптимальных методов в строительстве при перемеиных параметров.* Мосва - 1966.

12. *Опыт строитеьства зарубежом - В старанах северной Еиропы и* ФРГ. москва - 1959

13. Спектор М.Д

*Выбер оптимальных вариантов организации и технологии строительства.* москва - 1980

14. Кротков У.Ф - Березин В.П

*Специализация в строительстве.* Москва - 1977

15. Бахта Ф.М

*Монтаж технологического оборудования крупными блоками.* Москва - 1970.

16. Кеилмах Л.И, Волынцев В.А

*Строительство высотных железобетонных сооружений.* Москва - 1962.

17. Миронов С.Ф

*Основы технологии бетона в условиях сухого жаркого климата.* Москва - 1985.

18. Либерман Л.А

*Стальная опалубка сборного железобетона.* Москва - 1968.

19. Совалов И.Г, Топчий В.Д

*Опалубочные работы.* Москва - 1971.

20. Приседько. Б.С

*Резервы повышения проиэводительности труда в крупнр-панельном строительстве.,* Киев - 1974.

21. Шахнаэаран С.Х

*Возведение эданий методом подьёма этажей и перекрытий.* Москва - 1974.

22. Noverraz Morice

*La technologie du batiment (Tom 1+2).* Paris - 1986

23. Olivier Emile

*Organisation pratique des chantiers.* Paris - 1969

24. Cormon Pierre

*La Fabrication du béton. Paris - 1977.*

25. Dinessco T.

*Coffrages glissants - Technique et utilisation.* Paris - 1968.

26. Baret J.

*La béton Précontraint - Eléments de calcul.* Paris - 1953.

27. Hanssan Munir

*Prete de tension, d' origine thermique intervenant au cour de fabrication des éléments précontraints par prétention traite's thermiquement.* paris - 1978.

28. Konez Tihamis

*Traité de la préfabrication en béton armé précontraint.* Bruxelles - 1972.

29. Oskar Buttner.

*Hubverfahren im Hochbau.* Berlin - 1972.

# MỤC LỤC

## Chương II

## CÔNG TÁC LÀM KHÔ HỐ MÓNG, CÁC BIỆN PHÁP THI CÔNG TƯỜNG HẦM VÀ CÁC GIẢI PHÁP CHỐNG THẤM CHO TẦNG HẦM

## Phần 2

## PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG CÁC LOẠI CỌC TRONG XÂY DỰNG

### Chương I

### CÁC LOẠI CỌC TRONG XÂY DỰNG



### Chương II

### CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC SẴN

## Chương III

## CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐỔ TẠI CHỖ

## Chương IV

## THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI VÀ CỌC BARRETTE



## Phần 2

## NHỮNG PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG XÂY DỰNG PHẦN THÂN CÁC CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP

## Chương I

## XÂY DỰNG THEO PHƯƠNG PHÁP ĐÚC TOÀN KHỐI

## Chương II

## XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH THEO PHƯƠNG PHÁP LẮP GHÉP

## Chương III

## PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG HỖN HỢP LẮP GHÉP VÀ ĐÚC TOÀN KHỐI



## Chương IV

## THI CÔNG BÊ TÔNG TOÀN KHỐI BẰNG CÔNG NGHỆ CỐP PHA TRƯỢT

## Chương V

## PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG KẾT CẤU CẦU BÊ TÔNG CỐT THÉP ỨNG SUẤT TRƯỚC